

**UNTERSUCHUNGEN ZU REAKTIONSZEITEN
AUF INKREMENTALSCHWELLENREIZE**

JÖRG LACHER

1985



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554823_0042

Aus dem Institut für Medizinische Psychologie
der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. Ernst Pöppel

Untersuchung zu Reaktionszeiten
auf Inkrementalschwellenreize

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Jörg Lacher
aus
Mindelheim
1985

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. Dr. Fritz Schmielau

Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. Hippius
Prof. Dr. E. Pöppel

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 09. 07. 1986

Meinen Eltern

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von
November 1982 bis März 1985
am Institut für Medizinische Psychologie der
Ludwig- Maximilian- Universität zu München
unter Leitung von
Herrn Priv. Doz. Dr. med. habil. Dr. rer. nat.
Dr. phil. Fritz Schmielau
angefertigt.
Vorstand des Institutes: Prof. Dr. Ernst Pöppel

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Ernst Pöppel
für die Gesamtbetreuung im Fachbereich.

Zu besonders herzlichem Dank bin ich verpflichtet
Herrn Priv. Doz. Dr. Dr. Schmielau für die intensive
Anleitung, die wertvollen Diskussionen und zahlreichen
Ratschläge sowie die Hilfsbereitschaft in allen
Stadien der Arbeit.

Frau Gabriele Weiler danke ich für die Einarbeitung
am Meßplatz und die Reinfassung der graphischen
Abbildungen.

Dank schulde ich auch den an dieser Untersuchung
beteiligten Versuchspartnern.

Ich versichere hiermit an Eides statt, daß ich
die vorliegende Arbeit selbständig unter
ausschließlicher Verwendung der angegebenen
Hilfsmittel verfaßt habe,
und daß diese Dissertation nicht von einer
anderen Medizinischen Fakultät
abgelehnt worden ist.

München, den 29.03. 1985

S^u s R —

Gliederung:

	Seite
1. Einleitung	1
2. Bisherige Ergebnisse: Reaktionszeit- parameter	
2.1. Exzentrizität	5
2.2. Okuläre Dominanz	6
2.3. Händigkeit	8
2.4. Monokular- und Binokularsehen	10
2.5. Intensität des Testreizes	11
2.6. Geschlecht der Versuchspersonen	13
2.6.1. - manuelle Dominanz	13
2.6.2. - Reaktionszeiten	13
2.7. Position der Hände	13
2.8. Gesichtsfeld/ Gesichtsfeldhälfte	16
2.9. Subjektive Skalierung	19
3. Beschreibung der Experimente	21
3.1. Perimeter	21
3.2. Zeitmessungen	23
3.3. Zentrierung der Versuchspersonen	23
3.4. Lichtbedingungen im Versuchsraum	24
3.5. Geräuschkulisse	24
3.6. Bestimmung der okulären Dominanz	27
4. Versuchsablauf	29
5. Versuchspersonen	32

	Seite
6. Bestimmung der Händigkeit	33
7. Fragestellung	33
8. Hypothesen	36
8.1. $RT = f(\text{Minimalbedingung})$	36
8.2. $RT = f(\text{subjektive Empfindung})$	36
8.3. $RT = f(\text{physikalische Helligkeit})$	37
8.4. $RT = f(\text{Differenz zwischen KonstantemLichtreiz und sich ändernder Schwelle})$	37
8.5. $RT = f(\text{Anatomie - Physiologie})$	36
9. Ergebnisse	39
9.1. Inkrementalschwellen	39
9.2. Reaktionszeiten	42
9.2.1. Exzentrizität	42
9.2.2. Okuläre Dominanz	48
9.2.3. Händigkeit	49
9.2.4. Monokular- und Binokularsehen	54
9.2.5. Geschlechtsunterschiede	54
9.2.6. Gesichtsfeld/ Gesichtsfeldhälfte	55
9.3. Empfindlichkeitsplateau	55
10. Diskussion	59
10.1. Inkrementalschwellen	59
10.1.2. Korrelation der Inkrementalschwelle mit Dichteverteilung retinaler Gang- lienzellen	60

	Seite
10.1.3. Naso- temporale ^r Gesichtsfeld- unterschiede	60
10.2. Reaktionszeiten	60
10.2.1.1. Exzentrizitäten	60
10.2.1.2. Binokulare Summation	62
10.2.1.3. Geschlechtsspezifität der Exzentrizität	62
10.2.1.4. Akustische Reaktionszeiten	65
10.2.1.5. Händigkeit (= manuelle Dominanz)	65
10.2.2. Okuläre Dominanz	66
10.2.3. Naso- temporaler Unterschied	67
10.3. Resumée	68
11. Zusammenfassung	70

1. Einleitung

Seit Poffenberger im Jahre 1912 Unterschiede in den Reaktionen auf Lichtreize in den beiden Gesichtsfeldhälften fand, sind viele Untersuchungen durchgeführt worden, um dieses Phänomen genauer und weiterführender zu untersuchen. Es wurden immer mehr Variablen entdeckt, die Einfluß auf visuell ausgelöste Reaktionszeiten zu haben scheinen, wie die Händigkeit der Versuchspersonen und die Dominanz der Äugigkeit, die Intensität des Lichtreizes, dessen unterschiedliche Größe (Teichner und Krebs, 1971) und die Abhängigkeit der Reaktionszeiten von der Exzentrizität in der Peripherie des Gesichtsfeldes.

In den letzten Jahren beschäftigten sich einige Autoren mit dem Unterschied zwischen Reaktionen, die mit der zum Reiz ipsilateralen (gleichseitigen) bzw. kontralateralen Hand ausgeführt wurden (Berlucchi et al. , 1971). Es galt die Frage zu klären, ob es sich bei dem gefundenen Unterschied bei Reaktionszeiten auf Testreize mit unterschiedlicher Lage des Reizes im Gesichtsfeld, tatsächlich um eine unterschiedliche Reaktionsverarbeitung handelt oder nur um Unterschiede, die durch die interhemisphärische Übertragungszeit bedingt sind. (Millner und Lines, 1981)

Alle diese Messungen wurden bei weit überschwelligen Lichtreizen gemacht, wobei die Intensität des Testreizes - zur Peripherie des Gesichtsfeldes hin - konstant gehalten wurde. Es stellt sich daher die Frage, ob sich die kürzlich gefundenen Ergebnisse unterschiedlicher Reaktionszeiten in der Peripherie des Gesichtsfeldes - die einen deutlichen Anstieg mit der Exzentrizität des Testreizes zeigen - auch für Intensitäten an der Inkrementalschwelle reproduziert lassen können. Die Inkrementalschwelle ist als diejenige Schwelle definiert, an der ein Testreiz gerade noch von seiner Umgebung unterschieden werden kann.

Die besondere Bedeutung der Schwellenmessung liegt in der Tatsache, daß die Inkrementalschwelle eine Minimalbedingung darstellt, sowohl im rein physikalischen Sinn eines Reizes geringstmöglicher Intensität, der noch gesehen werden kann, d.h. der imstande ist eine Reaktion auszulösen, als auch als ein Reiz minimaler Stärke für die subjektive Helligkeitsempfindung der Probanden.

Mißt man die Kurven dieser beiden Werte entlang des horizontalen Meridians, so scheinen die beiden Kurven gegensätzlich zu verlaufen. Die Inkrementalschwelle steigt mit zunehmender Exzentrizität an. (siehe Abb. 1)

Mißt man die subjektive Helligkeitsskalierung entlang der Inkrementalschwelle, so geben die Probanden an, daß die Schwellenreize in der Peripherie des Gesichtsfeldes heller erscheinen als zentral (Pöppel und Harvey, 1972).

Geht die Kurve der Reaktionszeiten analog der Kurve der Inkrementalschwellen, so müßten die Reaktionszeiten zentral schneller sein als in der Exzentrizität des Gesichtsfeldes. Ist die subjektive Helligkeitsempfindung maßgebend für die Länge der Reaktionszeiten, so müßten die peripheren Reize entlang der Schwelle schneller beantwortet werden.

Die Inkrementalschwelle hängt sehr von der Aufmerksamkeit der Probanden ab und variiert um 0,2 oder 0,5 logarithmische Einheiten.

Auch die Reaktionszeiten sind sehr von der Aufmerksamkeit der Probanden abhängig. Dies wurde in den Versuchen dahingehend berücksichtigt, indem höchstens ein Testdurchgang ohne Pause durchgeführt wurde.

Ein Durchgang dauerte ungefähr zwanzig Minuten.

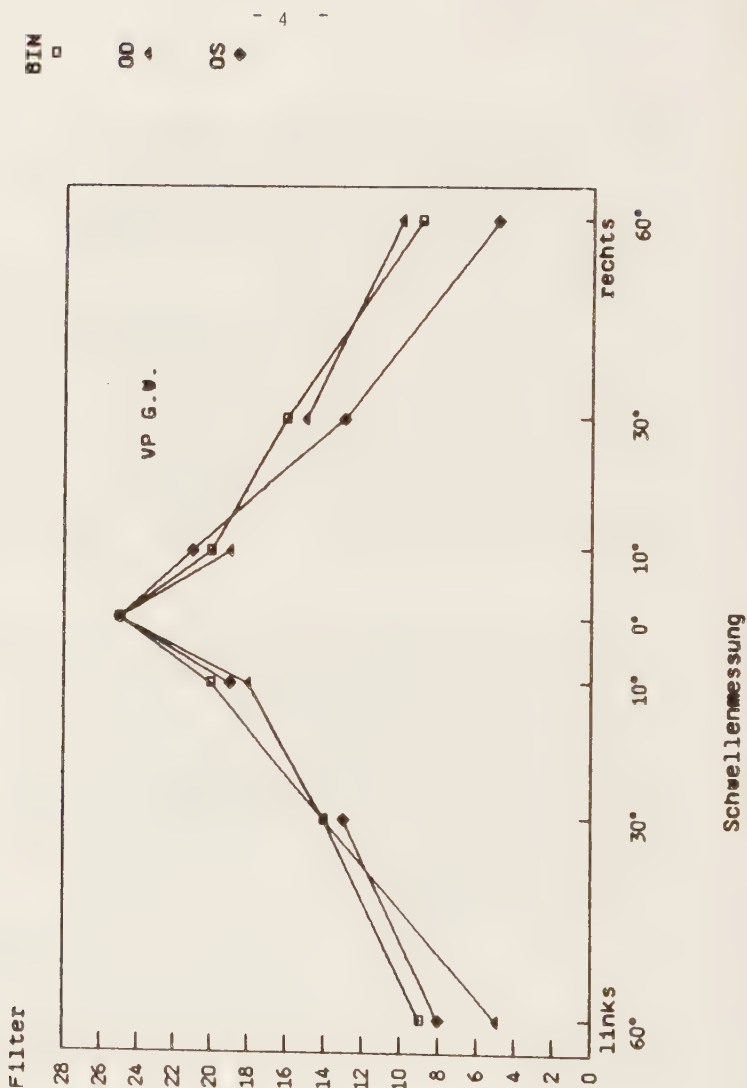


Abb.:1 Beispiel für die Messung von Inkrementalschwellen bei einer Versuchsperson
(Die Filterwerte entsprechen 0,1 log Einheiten)

Aufgrund der Untersuchungen anderer Autoren wird postuliert, daß Reaktionszeiten von folgenden Parametern abhängig sind:

1. von der Exzentrizität des Reizes im Gesichtsfeld
2. von der okulären Dominanz
3. von der Händigkeit
4. von monokularen und binokularen Sehbedingungen
5. von der Intensität des Testreizes
6. vom Geschlecht der Probanden
7. von der Position der Hände
8. von der Lage des Reizes in der Gesichtsfeldhälfte (bei binokularem Sehen) und bei monokularem Sehen von der Lage in der nasalen bzw. temporalen Gesichtsfeldhälfte
9. von der subjektiven Skalierung der Helligkeit des Testreizes durch den Probanden

2.1. Exzentrizität

Bei Messung der Inkrementalschwelle muß man, um einen Seheindruck zu erhalten, die Intensität des Testpunktes deutlich erhöhen, je weiter man in der Peripherie des Gesichtsfeldes reizt. Da die Reaktionszeiten ebenfalls von der Intensität des Testreizes abhängen - je höher die Intensität des Reizes, desto schneller die Antwort (Bartlett und McLeod, 1954) - kann man annehmen, daß die Reaktionszeiten schneller werden, je peripherer der Reiz liegt.

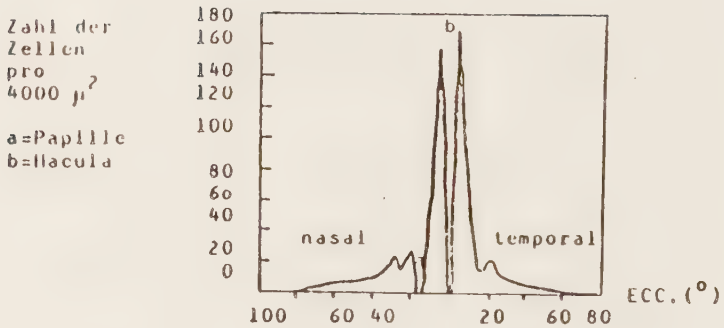


Abb. 2: Verteilung der retinalen Ganglienzellen beim Menschen im horizontalen Netzhautmeridian (nach OPPEL, 1966)

Bei überschwelligen Reizen war schon von Kastner und Wirth (1907) gefunden worden, daß Reizung der nasalen Retina zu schnelleren Reaktionen führt, als Reizung der temporalen Retina.

Berlucchi und Rizzolatti (1980) reproduzierten darüberhinaus nicht nur den Unterschied zwischen temporaler und nasaler Retina, sondern auch die Zunahme der Reaktionszeit mit zunehmender Exzentrizität des Lichtreizes.

2.2. Okuläre Dominanz

Nach Ullmann (1974) gibt es 4 verschiedene Konzepte die okuläre Dominanz zu bestimmen. Diese

Konzepte sind nicht notwendigerweise kongruent zueinander, d. h. je nach erfaßtem Aspekt der Äugigkeit kann beim einzelnen Individuum sich einmal das linke und einmal das rechte Auge als das dominante erweisen.

1. Augenbevorzugung

Eine Auge wird bevorzugt, obwohl beide Augen offen sind; die Bevorzugung wird nicht bemerkt; sie wird mit dem "hole-in-the-card-test" festgestellt. Die meisten Untersuchungen über eine Korrelation von Äugigkeit und anderen Seitigkeitsaspekten stützen sich darauf.

2. Richtungsdominanz

Das Auge ist dominant, das die Richtung bestimmt, in der man ein Objekt sieht.

3. Phi- Phänomen

Es erweist die zentrale Sehrindendominanz durch die Richtung der Scheinbewegung zweier schnell hintereinander dargebotener, räumlich getrennter Reize.

4. relative Sehschärfe

Das Auge, das schärfer sieht, bestimmt auch die Dominanz bei anderen Funktionen. Wie Schmielau (1982) fand, hat das Auge mit der besseren Sehschärfe beim Test mit Landoltringen auch die niedrigere Inkrementalschwelle. Da-

gegen hat Annett (1969) keine signifikante Beziehung von Augenbevorzugung und differentieller Sehschärfe gefunden.

2.3. Händigkeit

In früheren Jahren gab es vor allen Dingen Arbeiten, die eine Korrespondenz von okulären und manuellen Dominanzen postulierten (Fink, 1938) oder aber überhaupt die Abhängigkeit von der einen oder anderen Hemisphäre untersuchten. So stellte Krämer (1925) die Behauptung auf, daß alle Linkshänder auch Linksausger und alle Rechtshänder auch Rechtsausger seien.

In den letzten Jahren setzt sich bei den Untersuchern die Meinung durch, daß der genetische Faktor bei der Händigkeit eine wesentlich geringere Rolle zu spielen scheint als zuerst angenommen. So postuliert Suchenwirth (1969), daß die meisten Menschen primär Beidhänder sind. So sind bei sechs-bis sieben-jährigen Mädchen noch 55% Beidhänder, während im Alter von 68 - 70 Jahren nur noch 3,5% der Frauen Beidhänder sind. Bei Männern ist die Relation ähnlich. Munzinger (1971) stellte die Forderung auf, daß hereditäre Faktoren bei der Entwicklung der Händigkeit vernachlässigt werden können. Die Händigkeit würde bestimmt durch

- umweltinduzierte Lernvorgänge
- kulturell bedingt,
- Übungseffekte
- Möglichkeit der Umerziehung
- unterschiedliche Händigkeitskriterien führen zu verschiedenen Ergebnissen, messen also nicht das gleiche

Allerdings sind umfangreiche ethnologische Untersuchungen über die Händigkeit nicht bekannt, so daß ein genetischer Anteil nicht ausgeschlossen werden kann. So nimmt Lavat (1970) den unterschiedlichen Tonus der Oberarm- zur Unterarmmuskulatur als ein Maß zur Unterscheidung für erlernte oder angeborene Händigkeit. Der Tonus der Oberarmmuskulatur sei ein Maß für die angeborene Händigkeit, während der Tonus der Unterarmmuskulatur bestimmt sei durch einseitiges motorisches Dominanztraining und deswegen ein Maß für die erlernte Händigkeit.

Steingrüber (1971 b) unternimmt eine Klassifizierung der vielen Kriterien und beschränkt sich auf eine Unterscheidung der Verfahren zur Bestimmung der Händigkeit in

- morphologische (anatomische) und
- funktionelle (i. e. spontane Bevorzugung oder Leistungsunterschiede)

Um nicht mehr nur eine qualitative Aussage machen zu können, erarbeitet er einen Leistungstest mit dem auch quantitative Aussagen über den Grad der Händigkeit gemacht werden können. Dieser Test stellt allerdings eine aktuelle Leistungsbeschrei-

bung dar und kann demnach zu einem anderen Zeitpunkt möglicherweise ein anderes Ergebnis erbringen. In dieser Arbeit wurde zur Bestimmung der Händigkeit der Test von Steingrüber verwendet.

Die überwiegende Mehrzahl der Probanden in den - in der Literatur beschriebenen - Experimenten zu Reaktionszeiten waren Rechtshänder. So untersuchten DiStefano et al. (1980) kontra- und ipsilaterale Reaktionszeiten an 12 Rechtshändern. Interessant erscheint der Einfluß der manuellen Dominanz durch einen Versuch von Annett und Annett (1979), die Experimente zu einfachen Reaktionszeiten machten und herausfanden, daß ohne Unterschied der manuellen Dominanz bei Rechts- und Linkshändern, die linke Hand insgesamt schneller ist als die rechte. Dies ist allerdings kein signifikanter Unterschied sondern nur der Trend in ihren Untersuchungen. Auch konnten sie keine Handpräferenz in ihren Untersuchungen zeigen.

2. 4. Monokular- und Binokularsehen

Nach den Messungen der Inkrementalschwellen (Schmielau, 1982) gibt es Unterschiede zwischen den monokularen und binokularen Sehbedingungen. Er fand, bei Messung der Inkrementalschwelle, daß die binokuläre Kontrastempfindlichkeit größer ist als die monokulare, d. h. die binokulare

Inkrementalschwelle ist niedriger. Mit beiden Augen können also kleinere Helligkeitsunterschiede wahrgenommen werden als mit nur einem Auge. So wurde bei Bestimmung der Inkrementalschwelle der "oberen Grenze" unter binokularen Bedingungen niedrigere Schwellenwerte gemessen als unter monokularen Bedingungen. Sowohl seine Messungen zur Inkrementalschwelle als auch die Ergebnisse bei Untersuchungen zur subjektiven Skalierung (Pöppel und Harvey, 1972) zeigen, daß im Bereich der Wahrnehmungsschwelle binokulare Summationseffekte (Schmielau, 1982) auftreten, d. h. die Leistungsfähigkeit des visuellen Systems durch Hinzunahme des zweiten Auges vergrößert wird. Entsprechende Befunde wurden auch für die Sehschärfe erhoben (Campell und Green, 1965).

2.5. Intensität des Testreizes

Die Frage nach der Abhängigkeit der Reaktionszeit von der Intensität des Lichtreizes ist sehr naheliegend, wenn man an andere Reize, z.B. Schmerzreize und die Reaktion auf sie, denkt.

So untersuchten Bartlett und McLeod (1954) die Reaktionszeiten im visuellen System als eine Funktion verschiedener Intensitäten des Lichtreizes und verschiedener Größe des Reizes.

Sie fanden,

1. Je höher die Intensität des Stimulus ist, umso schneller ist die Reaktion und umso kürzer die Latenzzeit.
2. Bei sehr hohen Intensitäten ergibt sich ein asymptotischer Verlauf der Länge der Latenzzeiten in Bezug auf eine minimale Reaktionszeit.

Berlucchi (1977) fand, daß bei großer Lichtintensität kürzere Reaktionszeiten die Folge waren als bei geringeren Helligkeiten der Testpunkte. Bartlett und McLeod (1954) beschrieben für Testpunkte mit einem Minimum an sichtbarer Intensität eine konstante Schwelle der Latenzzeit.

Weiterhin fanden sie, daß im Gegensatz zu hellen Lichtblitzen bei Lichtreizen niedriger Intensität die fovealen Reaktionszeiten länger waren, als diejenigen auf periphere Reize im Gesichtsfeld. Dies würde den biologisch- mikroanatomischen Befunden der Verteilung der Ganglienzellen entgegenstehen. Auch konnten sie zeigen, daß die Inkrementalschwelle sehr von der Aufmerksamkeit der Probanden abhängig ist, und daß im allgemeinen die Variabilität anstieg, wenn die Intensität des Reizes geringer wurde. Im Gegensatz dazu fand Berlucchi (1977), daß bei niedriger Intensität des Testreizes die peripheren Reaktionszeiten schon bei 10° Exzentrizität circa 40 msec langsamer waren als bei 0° zentral. Dies wiederum würde die biologisch- anatomische Erklärung der Exzentrizitätsgraduierung unterstützen.

2. 6. Geschlecht

2.6.1. Zur Geschlechtsspezifität der manuellen Dominanz

Suchenwirth (1969) fand in seiner Arbeit, daß es mehr beidhändige Mädchen gibt als Jungen. Er leitet dies von den unterschiedlichen Umwelтанforderungen der Geschlechter ab. Dies konnten Steingrüber und Lienert (1971) nicht bestätigen. Sie konnten keinen bedeutsamen Unterschied in Bezug auf die Händigkeit zwischen den Geschlechtern feststellen. Die Frage erscheint deshalb interessant, weil in der Literatur (Jürgens, 1976) funktionelle Unterschiede diskutiert werden.

2.6.1. Geschlechtsunterschiede bei Reaktionszeiten
Rizzolatti und Buchtel (1977) fanden einen Unterschied zwischen den Geschlechtern bei einer Untersuchung zur Überlegenheit einer Hemisphäre bei Reaktionszeiten beim Erkennen von Gesichtern. Es stellt sich die Frage, ob dieser Unterschied ausschließlich Ergebnis der Reizverarbeitung in unterschiedlichen Hemisphären ist oder ob sich bei Darbietung von einfachen Lichtreizen ein Unterschied finden läßt.

2. 7. Position der Hände

Mehrere Arbeiten beschreiben einen anscheinend sehr

komplexen Einfluß der Handstellung der Versuchspersonen. Dabei spielt eine Rolle ob die Probanden die rechte Hand auf ihrer rechten Körperseite, also ungekreuzt, halten oder ob sie die rechte Hand auf ihrer linken Körperseite halten, also gekreuzt.

Dies spielt bei den Ergebnissen derjenigen Versuche eine besondere Rolle, die einen Unterschied in den sensomotorischen Reaktionszeiten zwischen kontralateralen und ipsilateralen Reizbedingungen herausfinden möchten. Rizzolatti (1979) fand, daß bei Verwendung eines einfachen Lichtreizes die Reaktionszeiten bei der ipsilateralen Bedingung schneller sind, als bei der kontralateralen.

Wallace (1971) hatte diesen ipsilateralen Vorteil bei den Reaktionszeiten nur dann gefunden, wenn die Hände nicht vor dem Körper gekreuzt worden waren. Wurden die Hände nämlich gekreuzt gehalten, so galt bei einem Stimulus in der rechten Gesichtsfeldhälfte:

die linke Hand auf der rechten Seite hatte eine geringere Latenz als die Reaktion der rechten Hand, wenn sie auf der rechten Seite gehalten wurde. Dies würde den Schluß nahelegen, daß der Signalknopf vom Probanden auf der Seite des Lichtpunktes gehalten werden mußte, auf die auch der Lichtreiz fiel, um die schnellstmögliche Reaktion zu erhalten.

Diese Tatsache wäre natürlich nicht durch einfache physiologische Gesetzmäßigkeiten zu erklären und Wallace schloß daraus, daß die Reaktionszeiten

nicht nur eine einfache anatomische Bahnungszeit sein kann.

Eine neue Abhängigkeit der Reaktionszeit von der Stellung der Hände fand Rizzolatti (1979) beim Binokularsehen. Er fand, daß gleichgültig ob die Hände der Versuchspersonen gekreuzt waren oder nicht, für Reize rechts vom Fixationspunkt die rechte Hand schneller war und für Reize links vom Fixpunkt die linke Hand schneller war als die jeweils andere.

Berlucchi (1977) hatte allerdings beobachtet, daß ipsilaterale Reaktionszeiten schneller waren als kontralaterale, ungeachtet der Position der Hände. In meiner Arbeit wurde das Problem der Handhaltung nicht untersucht und es wurde versucht dieses Problem dadurch auszuschließen, daß die Probanden angehalten wurden, die rechte Hand auf dem Tisch rechts des Perimeters und die linke Hand auf dem Tisch links des Perimeters zu belassen. Der Signalgeber wurde auf die jeweilig andere Seite gewechselt.

Es stellt sich allerdings die Frage, in wieweit diese eingenommene Zwangshaltung der Probanden eine Auswirkung auf die Reaktionszeiten hatte, da nach meiner Beobachtung einige der Versuchspersonen automatisch eine Haltung einnahmen, bei der sie die Ellbogen auf den Tisch stützten, so daß die Hände überkreuzt waren. (Natürlich nur so lange, bis sie zu Beginn der Reaktionstests die korrekte Haltung einnehmen mußten.)

2. 8. Gesichtsfeld / Gesichtsfeldhälfte

Schon Poffenberger (1912) hatte bei einem Lichtstimulus gleichbleibender Intensität herausgefunden, daß Lichtreize in der nasalen Retina schneller beantwortet werden, als Lichtreize, die auf die temporale Retina gegeben werden.

Dies Ergebnis wurde von Bartlett und McLeod bestätigt, die in ihren Versuchen zur Intensitätsabhängigkeit von Reaktionszeiten ebenfalls fanden, daß die Reaktionszeiten bei Stimulation der nasalen Retina schneller waren, als bei Stimulation der temporalen Retina.

Auch Rizzolatti (1979), der bei seinen Versuchen fand, daß ipsilaterale Reaktionszeiten schneller waren als kontralaterale, bestätigte das von Poffenberger gefundene Ergebnis bei überschwelligen Reizen.

Bei monokularen Bedingungen sind einige Ergebnisse in der Literatur beschrieben. So wurde der von Poffenberger gefundene Unterschied retinaler Reizverarbeitung genauer untersucht.

Berlucchi (1977) fand, daß ipsilaterale Reaktionszeiten schneller waren als kontralaterale und daß sich dieser Vorsprung der ipsilateralen Antwort mit der Exzentrizität des Stimulus nicht veränderte, wobei "die Verzögerung zwischen ipsilateralen und kontralateralen Antworten auf unstrukturierte Lichtstimuli einfacher Reaktionszeit konstant ist, trotz Unterschiede in der Intensität des Stimulus,

der Hintergrundbeleuchtung, der Lokalisation auf der Retina und der Position der Hände".

Dies verfeinerte das Ergebnis von Rizzolatti (1971) und Umiltà (1974) die die Ipsi- und Kontralateralität bei Veränderung der Darbietungszeit des Testreizes untersuchten und fanden, daß die Abnahme der Dauer des Stimulus die Reaktionszeit nicht erheblich verlängerte, wenn der Stimulus in die ipsilaterale Hemisphäre fiel. Aber sie beobachteten einen dramatischen Effekt, wenn der Lichtstimulus in die kontralaterale Hemisphäre kam. Dann verlängerte sich die Latenzzeit um ungefähr 150 msec. Dieses Ergebnis führte sie zum Schluß, daß "jeglicher Erklärungsversuch in der Art, daß einfacher Transfer der visuellen Information von einer zur anderen Hemisphäre untragbar ist".

Dies entspräche den anatomischen Studien, in denen durch mehrere Autoren beschrieben wurde, daß die visuellen Cortices beider Hemisphären keine direkte Verbindung miteinander haben, mit Ausnahme im zentralen Bereich. Neurone, die den vertikalen Meridian repräsentieren sind bilateral repräsentiert. (Whitterage, 1965; Berlucchi et al., 1967; Hubel und Wiesel, 1967; Berlucchi und Rizzolatti, 1968;) DiStefano et al. (1980) nahmen den Einfluß der Händigkeit in ihr Experiment auf und fanden bei 12 Rechtshändern einen mittleren Unterschied von 2 msec zwischen kontra- und ipsilateralen Reaktionszeiten. Marzi und DiStefano (1980) erhielten das Ergebnis, daß die vorher gefundenen hemiretinalen Unterschiede Exzentritätsabhängig sind und

konnten so dieses Ergebnis mit der mikroanatomisch gefundenen Dichteverteilung von Ganglienzellen in der menschlichen Retina, die einen ähnlichen Trend aufweist, vergleichen. (Oppel, 1967) Diese Abhängigkeit von der Exzentrizität war in vorhergehenden Arbeiten noch nicht gefunden worden.

(Berlucchi, 1977; Rizzolatti, 1979;)

Schmielau (1982) zeigte bei seinen Versuchen zur Inkrementalschwelle folgende Ergebnisse, die nur zum Teil frühere Arbeiten bestätigen können.

1. für parafoveale Exzentrizitäten dominiert-unabhängig von der okulären Dominanz - für das rechte Auge (OD) die temporale Gesichtsfeldhälfte (=GFH), für OS jedoch die nasale GFH. Die Kontrastempfindlichkeit war für OD temporal (rechts) größer als nasal. Es ergab sich im foveanahen Gesichtsfeldbereich die Dominanz der rechten GFH in beiden Augen.
2. Bei größeren Exzentrizitäten kehren sich für OD die Verhältnisse um. Die nasale (linke) GFH ist empfindlicher als die temporale (rechte) . Vom blinden Fleck ab bis zu extremen Exzentrizitäten (größer als 60°) ist die temporale GFH empfindlicher als die nasale.
Für OS bleibt im Bereich mittlerer Exzentrizitäten die Bevorzugung der nasalen GFH bestehen. Bei ca. 25° wird nun auch für OS die temporale GFH empfindlicher als die nasale.
3. Bei der binokularen Summation findet Schmielau (1982) in der rechten, d. h. nasalen (für OD) GFH von foveanahen bis extrem peripheren Ex-

zentrizitäten größere Empfindlichkeiten als in der linken (temporalen) GFH.

Beim linken Auge findet er außerhalb des parafovealen Bereiches, daß die binokulare Summation eines jeden Auges für große Sehwinkel in der nasalen GFH am größten ist und zur temporalen GFH hin abnimmt (Schmielau, 1981).

Er findet im Mittel eine etwas höhere Summation in der linken GFH während Sireteanu et al. (1981) für die Sehschärfe bis zu Exzentrizitäten von 40° dagegen bessere binokulare Werte in der rechten GFH gefunden hatte.

2. 9. Subjektive Skalierung

Pöppel und Harvey (1972) fanden in ihrer Arbeit

über subjektive Helligkeitsempfindung von Lichtreizen in der Peripherie des Gesichtsfeldes, daß die subjektive Helligkeitsempfindung eines überschwelligen Reizes nicht von seiner Position im Gesichtsfeld abhängig ist. "Ein Ziel mit gegebener Helligkeit wird von den Versuchspersonen auf jeder Position der Retina als gleich hell empfunden".

Für Schwellenreize fanden sie jedoch, daß Ziele

in der Peripherie, die knapp überhalb der Inkrementalschwelle liegen, heller erscheinen als Ziele im Gebiet der Fovea, weil ein peripherer Schwellenreiz mehr Intensität haben muß, als ein Reiz, der auf die Fovea fällt. Dies gilt für mesopische Sehbedingungen. (vgl. Abb. 3)

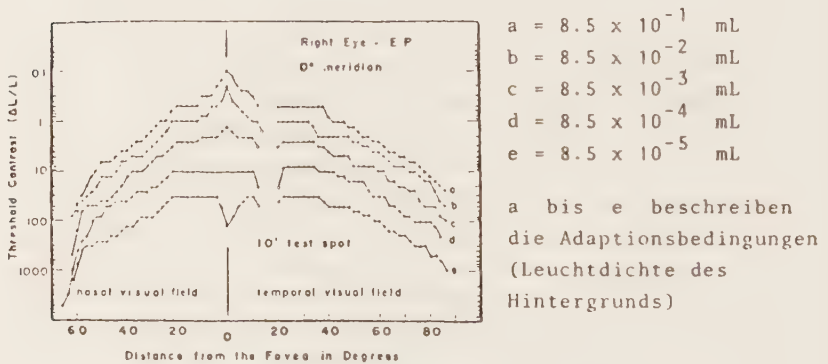


Abb. 3 : Die Inkrementalschwelle als eine Funktion der Exzentrizität und des Adaptionsebeneaus auf dem horizontalen Meridian (aus POPPEL und HARVEY, 1972).

3. Beschreibung der Experimente

3.1. Das Gerät

Die Untersuchung wurde an einem "Tübinger Perimeter"durchgeführt.

Dieses Gerät erlaubt die Veränderung der Helligkeiten des Testpunktes und der Umfeldhelligkeiten in einem sehr weiten Bereich. Die maximalen Werte der Leuchtdichte betragen 1000 asb (=100 ml). Das Perimeter nach Aulhorn und Harm (1972) besteht aus einer Halbkugel von 33 cm Radius in deren Mitte die Versuchsperson sitzt. Die Leuchtdichte des Darbietungsschirmes ist im gesamten Gesichtsfeldbereich von der Exzentrizität 90° in der linken Gesichtsfeldhälfte bis zu 90° in der rechten Gesichtsfeldhälfte vollkommen homogen. Als Testobjekte wurden kreisförmige Lichtflecke mit einem Durchmesser von 10 Bogenminuten verwendet. Die Testreize wurden den Versuchspersonen zentral bei 0° und peripher bei 10°, 30° und 60° Exzentrizität dargeboten. Die Umfeldhelligkeit war bei allen Untersuchungen konstant und entsprechend mesopischen Bedingungen (= 10asb): das ist der Übergangsbereich vom photopischen zum skotopischen Sehen. Die Leuchtdichte der Testreize konnte in Abstufungen von 0,1 logarithmischen Einheiten verändert werden.

Zur Bestimmung der Inkrementalschwelle wurde die Methode der "oberen Grenze" verwendet, d. h. die Leuchtdichte des Testreizes wurde solange erhöht, bis die Versuchsperson den Reiz sah.

Als Fixationsreiz diente für peripheres Sehen ein roter Punkt von 10 Bogenminuten Durchmesser mit einer Leuchtdichte von 100 asb und bei zentralem Sehen ein aus vier Teilscheiben bestehendes Muster dessen Ecken ein auf dem Spitz stehendes Quadrat bildeten. Der Innendurchmesser betrug 2° .

Der Abstand der Augen der Versuchsperson zum Fixationspunkt sowie zu den Meßpunkten auf der Perimeterhalbkugel betrug 33 cm.

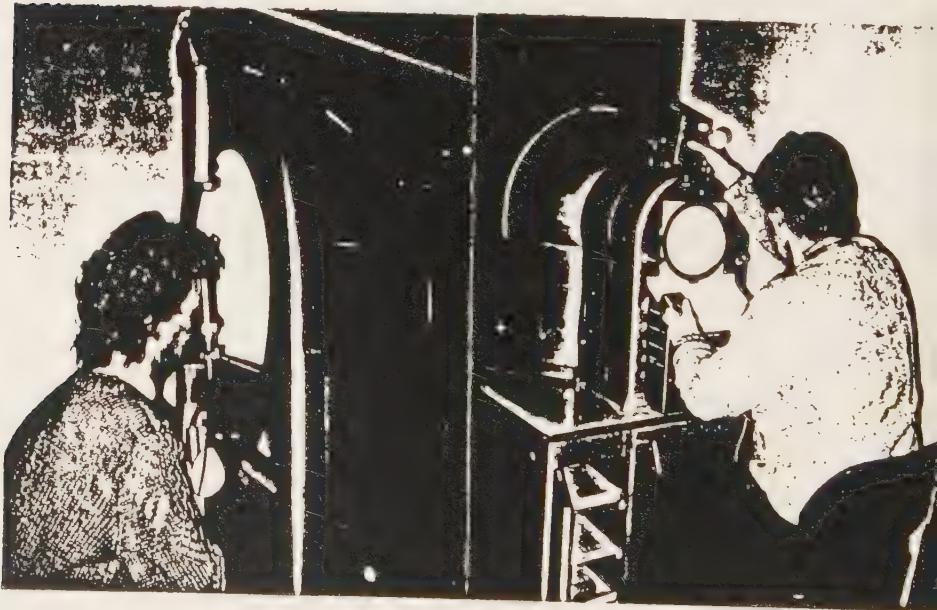


Abb. 4: Perimetermeßplatz mit Versuchsperson und aus Sicht des Versuchsleiters

3.2. Zeitmessungen

Um die Reaktionszeit messen zu können, wurde die Lichtreizblende des Perimeters und der Signalgeber, den der Proband betätigen mußte, mit einer digitalen Stoppuhr verbunden. Die Betätigung der Blende war auch gleichzeitig der Start der Stoppuhr. Diese lief nun so lange, bis der Signalgeber von der Versuchsperson betätigt wurde.

Der Signalgeber war ein einfacher Klingelknopf, der einerseits die Stoppuhr anhielt und andererseits einen Summer betätigte, daß der Proband auf ergelrechte Weise geantwortet hatte.

3.3. Zentrierung der Versuchspersonen

Der Kopf des Probanden wird mit einer Kinnhalterung und einem Stirnband in der Weise fixiert, daß das Auge auf den horizontalen Meridian der Perimeterhalbkugel zentriert wird. Da, im Gegensatz zur normalen Verwendungsweise des Perimeters, die Personen auch binokular vermessen werden, kann die Zentrierung der Augen nicht unter Sicht durch das Beobachtungssokular erfolgen, sondern muß von der Versuchsperson durchgeführt werden, nachdem die vertikale Zentrierung vom Versuchsleiter vorgenommen ist.

Die Versuchspersonen, die mit dem Kopf fixiert sind, sitzen auf einem Stuhl, der in der Höhe variiert ist. Sie haben die zusätzliche Aufgabe, ihre linke Hand auf der linken Seite des Perimeters und ihre rechte Hand auf der rechten Seite zu belassen. Beim jeweiligen Wechsel der Versuchsbedingungen wird der Signalgeber jeweils auf die entsprechende Seite gewechselt.

3.4. Lichtbedingungen

Zu Beginn des Versuches, d. h. vor Bestimmung der Inkrementalschwellen wird das Zimmer verdunkelt, so daß sich die Versuchspersonen adaptieren können, und erst nach Beendigung der gesamten Testreihe eines Tages wird es wieder vollkommen erhellt.

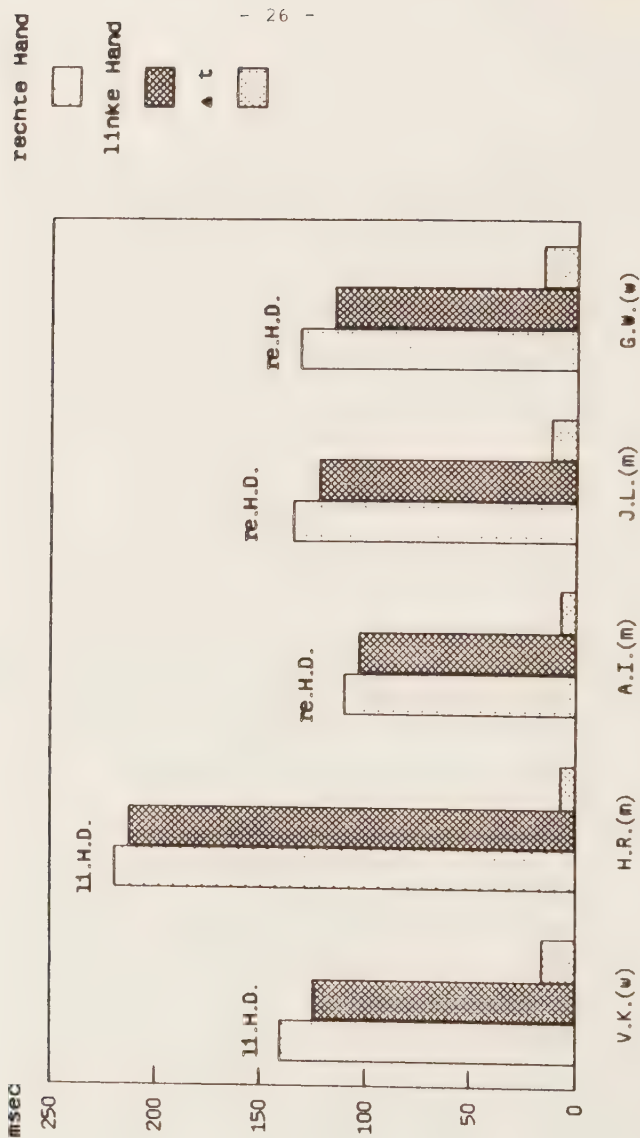
3.5. Geräuschkulisse

Da sich bei Vorversuchen das metallische Klicken der Lichtreizblende als - bei den Reaktionstests - störend empfunden wird, wird als zusätzliche Versuchsbedingung eine Maßnahme getroffen um das auditive System auszuschalten. In eigenen Kontrolluntersuchungen, in denen die akustische Reaktionszeit der Probanden

auf das Blendengeräusch des Perimeters getestet wird, erreichen die Versuchspersonen Reaktionszeiten von nur 103 bis 219 msec., (siehe Abb. 4) während sie im eigentlichen visuellen Test durchschnittlich zwischen 200 und 500 msec benötigen.

Da also die auditive Reaktionszeit schneller ist als die visuelle, reagieren die Versuchspersonen oftmals zu schnell oder sogar auch, wenn sie den Testpunkt gar nicht gesehen haben können, so z. B. bei Kontrollversuchen mit zu niedriger Intensität. Die zu kurzen Reaktionszeiten können mit der Antizipation erklärt werden, während die zu langen Reaktionszeiten nur die mangelnde Aufmerksamkeit des Probanden dokumentieren würde. So wird für den visuellen Test ein experimentell ermitteltes Intervall gültiger Reaktionszeiten von 200 msec bis 500 msec hergenommen.

Es zeigt sich, daß die Lärmausschaltung mit Oropax allein - Watte, die in den äußeren Gehörgang gestopft wird - nicht ausreicht. Deswegen wird das Blendengeräusch in regelmäßigen Abständen auf Tonband aufgenommen und die Cassette während des Reaktionszeitenversuchs über Kopfhörer abgespielt. Um die Geräuschbelastigung so gering wie möglich zu halten, bekommen die Versuchspersonen zusätzlich Oropax. Während des Versuchs wurden die Lichtzeichen mit den Blendengeräuschen koordiniert, so daß das Lichtreizblendengeräusch des jeweiligen Testreizes überspielt wird und für den Probanden nicht mehr zu hören ist.



Akustische RT bei 5 vp

Abb. 5: Akustische Reaktionszeiten bei 5 Vps zeigen einen deutlichen Unterschied zwischen Antwort mit rechter und linker Hand

Allgemein wirkt sich das zusätzliche akustische Signal als Versuchsbedingung verzögernd auf die Reaktionszeiten aus.

3.6. Bestimmung der okulären Dominanz

Die okuläre Dominanz wurde mit dem "hole-in-the-card-test" (Ullmann, 1974) bestimmt. Bei diesem Test fixiert der Proband durch ein Loch in einem Blatt Papier binokular ein Kreuz auf einem anderen Blatt Papier. Hat er das Kreuz durch das Loch fixiert, so schließt er ein Auge. Das jeweilige Auge, bei dem das Kreuz weiterhin sichtbar bleibt und nicht "springt" ist das dominante Auge.

Die Versuchspersonen werden mit dem "Titmus-Vision-Tester" auf ihre Fern- und Nahsehschärfe, ihr stereoskopisches Sehvermögen, ihre Farbtüchtigkeit und auf Höhen- und Seitenabweichung der gegenseitigen Augenstellung untersucht. Es werden nur Versuchspersonen mit mindestens 100% Sehschärfe und guten allgemeinen Sehleistungen in den anderen Sehtests zum Versuch zugelassen. Die Probanden haben jedoch Werte zwischen 120% und 140% Sehschärfe bei Test mit Landoltringen.

KEY

T/O VISION TESTER

Bericht

Name S. V. Nr. _____
 Adresse _____ Datum _____

Beruf Student Abt. _____

Alter m w Tester _____

Brille Keine ☒ Ja ☐ Zweistarken ☐ Ferne
Nähe

Letzte Untersuchung bei Dr. _____ Veränderung der Refraktion Ja ☐ Nein ☐

Schwierigkeiten beim Sehen Ja ☐ Nein ☒ Kontaktlinsenträger Ja ☐ Nein ☒

Bemerkungen: Händigkeit: li; Okul. Dom. li;

	Irr Nr.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Fernste	1 Beid. Aug.	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
	2 Rechts	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
	3 Links	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
	Sehschärfe Werte	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5
	4 Stereotest	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
	5 Farbttest	12	5			CX		6		16					
	6 Hatten abweichung		1	2	3	4	X	5	6	7					
	7 Seiten abweichung	1	2	3	4	5	6	7	8	X	10	11	12	13	14
	8 Beruhigungsbild Wechsel														
Nächste		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	9 Beid. Aug.	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
	10 Rechts	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	11 Links	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
	12 Seiten abweichung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Wechsel														

Überwiesen: Ja ☐ Nein ☒

Unterschrift: _____

Datum: _____

Abb. 6 : Beispiel für einen Sehtest zur Vorauswahl der Versuchspersonen (Messprotokoll des Titmus- Vision Tests)

4. Versuchsablauf

Nach 5 bis 10 Minuten Adaptationszeit im dunklen Raum - in denen sich die Versuchsperson mit den Hilfsmitteln vertraut macht oder sie anzieht (z. B. Kopfhörer), wird zunächst die Lichtunterschiedsschwelle unter monokularen und binokularen Sehbedingungen gemessen. Beim einäugigen Sehen wird das nicht- sehende Auge mit einer Augenklappe okkludiert. Kontrollmessungen ergeben, daß diffuse Sehbedingungen des nicht schauenden Auges (mit Pergamentpapier) die gleichen Schwellenwerte ergeben, wie bei Abdecken mit einer Augenklappe. Die Umfeldhelligkeit des nichtsehenden Auges spielt somit beim Monokularsehen keine Rolle (Schmielau, 1981). Bei jeder Exzentrizität wird die Schwelle dreimal hintereinander bestimmt. Begonnen wird dabei mit 4 bis 7 Stufen ($\Delta 0,1 \log$ Einheiten) unter der Schwelle. Im Mittel beträgt die Gesamtfixationsdauer pro Schwellenmessung ca 5 sec, wobei die einzelnen Reize in gleichen zeitlichen Abständen dargeboten werden. Die Reizdarbietungszeit beträgt 200 msec und ist damit hinreichend kurz, um Augenbewegungen zum Reizort auszuschließen. Die Versuchspersonen mußten durch Drücken auf einen Summer anzeigen, bei welcher Helligkeit sie den Reiz zum ersten Mal sehen. Die Inkrementalschwellen werden vor jedem Test

für jede Exzentrizität kurz vor Messung der Reaktionszeit ermittelt. Die Reaktionszeiten werden unter binokularen und monokularen Bedingungen für 7 Exzentrizitäten untersucht: 60° li, re; 30° li, re; 10° li, re; zentral 0° ; Dabei wird darauf geachtet, daß die rechte Hand immer auf der rechten Seite des Perimeters und die linke immer auf der linken Seite gehalten wird. (siehe Abb. 7)

Da die Reaktionszeiten einer circadianen Rhythmik unterliegen, wird bei der Durchführung der Versuche darauf geachtet, daß die Sitzungen immer zur gleichen Stunde durchgeführt werden. (Zihl et al. , 1977)

Für jede Bedingung werden
binokularem Sehen insgesamt 10 aufeinander
folgende Reaktionszeitenmessungen vorgenommen.
Diese Messungen werden zweimal wiederholt,
so daß pro Versuchsperson und Bedingung 30
Werte vorliegen.
Von der Ergebnissen jeder Reaktionszeitmessung
werden der Median ermittelt, und von den Medianen
wird der Mittelwert gebildet.

Abb.:7 Beispiel für Gewinnung der Rohwerte (msec) der
Reaktionszeitbestimmung; Ermittlung des Medians;
Für Vp (S.V.), bei Betrachtung mit dem linken Auge.

Hand	Grad	Rich- tung											Median
re	0	-	350	345	254	390	269	386	306	325	264	343	335
li	0	-	281	336	331	234	267	261	243	278	269	235	268
re	10	re	253	288	211	348	345	360	354	246	389	365	347
li	10	re	327	320	379	286	336	319	397	453	251	446	328
re	10	li	253	424	273	285	278	276	289	257	361	280	277
li	10	li	299	284	373	543	394	327	235	317	453	299	322
re	30	re	409	343	288	426	320	378	299	282	281	343	332
li	30	re	382	326	278	293	499	356	378	451	319	417	367
re	30	li	448	376	353	386	406	313	388	397	511	423	393
li	30	li	469	418	315	353	571	505	390	369	335	307	380
re	60	re	390	248	468	295	296	293	292	300	286	295	295
li	60	re	270	404	353	325	288	362	345	338	341	415	349
re	60	li	444	380	391	438	446	324	335	322	405	273	386
li	60	li	392	281	385	405	407	363	301	418	303	323	374

5. Versuchspersonen

Die Population der Probanden besteht aus vier weiblichen und vier männlichen Versuchspersonen im Alter von 19 bis 30 Jahren. Es sind Studenten der Universität oder Mitarbeiter des Institutes. Um sie für die Versuche zu motivieren, bekommen sie einen reizvollen Stundenlohn, der ihre positive Bereitschaft zur Mitarbeit und Konzentration während der Versuche fördern soll. Sie sind so ausgesucht, daß für jede Kombination von Handdominanz und okulärer Dominanz es je einen männlichen und einen weiblichen Probanden gibt. Vier Personen sind manuell links dominant, vier rechts dominant. Vier Personen sind okulär links dominant, vier rechts dominant.

	G.W.	A.T.	A.D.	J.L.	V.K.	U.K.	H.R.	S.V.
Händigkeit	re	re	re	re	li	li	li	li
Augigkeit	re	re	li	li	re	re	li	li
Geschlecht	w	m	w	m	w	m	m	w

Abb.8 : Auswahlkriterien der Versuchspersonen

6. Händigkeit

Die Händigkeit wird mit dem Handdominanztest (HDT) nach Steingrüber und Linert (1971) ermittelt. (siehe Anlage)

7. Fragestellung

Diese Arbeit untersucht, ob es eine Abhängigkeit der Reaktionszeiten von der Exzentrizität im Gesichtsfeld gibt, wenn die Retina mit Stimuli gereizt wird, deren Intensität an der Inkrementalschwelle liegt.

Ziel dieser Arbeit ist es, zu untersuchen, ob sich die Abhängigkeit der Reaktionszeiten von bestimmten Versuchsbedingungen, wie sie von anderen Autoren beschrieben werden, auch bei Sehbedingungen an der Inkrementalschwelle finden läßt.

Bartlett und McLeod (1954) haben für den fovealen Bereich "eine konstante Schwelle der Latenzzeit für das Minimum an sichtbarer Intensität" beschrieben. Es stellt sich die Frage, ob diese Konstanz über das gesamte Gesichtsfeld tatsächlich erhalten bleibt, oder ob in Abhängigkeit von der Exzentrizität - in dieser Arbeit auf dem horizontalen Meridian geprüft - zu finden ist, wie sie von

Berlucchi (1980) für überschwellige Reize gezeigt werden kann.

Bei monokularen Bedingungen soll untersucht werden, ob es auch bei Schwellenreizen Unterschiede in den Reaktionszeiten zwischen Stimulation der nasalen gegenüber Stimulation der temporalen Retina gibt.

In Anlehnung an Annett und Annett (1979) die bei einfachen Reaktionszeiten finden, daß die linke Hand insgesamt schneller ist als die rechte, soll in dieser Arbeit der Einfluß der manuellen Dominanz auf die Reaktionszeiten getestet werden. Es soll auch die sensomotorische Koordination in Abhängigkeit von der okulären und manuellen Dominanz bei Inkrementalschwellenreizen als Funktion der Exzentrizität dargestellt werden, um zu versuchen, Unterschiede zwischen der Ipsilateralität und Kontralateralität bei der Reizverarbeitung im visuellen System zu finden.

Es stellt sich für diese Arbeit auch die Frage, ob sich die Ergebnisse der subjektiven Helligkeitsempfindung bei Schwellenreizen (Pöppel und Harvey, 1972) in den Reaktionszeiten widerspiegelt. Die Inkrementalschwelle, definiert als der erste sichtbare Helligkeitsunterschied zur Umfeldhelligkeit, müßte von den Probanden über die gesamte Exzentrizität als gleich hell gesehen werden. Das ist aber falsch! Ich habe selbst - als Versuchsperson - bei 60° den Punkt erst bei höheren Inten-

sitäten gesehen als zentral bei 0° , dann aber erscheint er heller, während in der Fovea der Testpunkt bei geringeren Intensitäten, aber viel kleiner und weniger hell wahrgenommen wird. Dies würde bedeuten, daß für die Exzentrizitäten entlang des horizontalen Meridians, verschiedene Intensitäten der Inkrementalschwelle von Versuchspersonen auch subjektiv nicht immer als gleich hell empfunden werden, sondern daß die Probanden in der Peripherie einen Reizpunkt nicht so scharf ausmachen können und daß sie den Reiz heller sehen als einen zentralen Schwellenreiz. (Pöppel und Harvey, 1972)

Da von einigen Autoren die Frage nach dem Einfluß des Geschlechts der Versuchspersonen auf das sensomotorische Reaktionsvermögen gestellt wird, und die Abhängigkeit der Reaktionszeit von der okulären und manuellen Dominanz in diesem Zusammenhang unterschiedlich beantwortet wird, (Suchenwirth, 1969; Steingrüber, 1971;) sind je vier männliche und vier weibliche Probanden in die Versuchsreihe aufgenommen worden. (siehe Abb. 7; S. 31)

8. Hypothesen

Theoretisch gibt es nun 5 Möglichkeiten, wie ein Ergebnis der Reaktionszeituntersuchung für verschiedene Exzentrizitäten bei Verwendung von Inkrementalschwellen- Intensitäten aussehen könnte.

8.1.

Wenn man annimmt, es handelt sich um ein subjektiv bestimmtes Geschehen, daß nur von der sensomotorischen Leitungsbahn abhängig ist, so müßten die Reaktionszeiten auf Schwellenreize überall gleich schnell sein, weil es sich um einen visuellen Minimalreiz handelt, der immer die gleiche motorische Reaktion hervorruft. In diesem Falle würde man gleichlange Reaktionszeiten im gesamten Gesichtsfeld erwarten. Die Reaktionszeiten wären dann auch langsam, bedingt durch die geringe Intensität des Reizes.

8.2.

Bei der Annahme, daß die Reaktionszeiten durch die subjektive Empfindung von Helligkeiten in der Peripherie des Gesichtsfeldes bestimmt wird, wird man eine Abnahme der Reaktionszeiten mit der Exzentrizität erwarten. Da für Inkrementalschwellen- Intensitäten ein einfacher Lichtreiz

bei größerer Exzentrizität heller wahrgenommen wird als zentral, so löst der größere, intensiver empfundene Reiz die schnellere Reaktion aus.

8.3.

Die Annahme, daß die Reaktionszeit nur von der physikalischen Helligkeit des Testpunktes abhängt, führt zur folgenden Überlegung:

Da die Inkrementalschwelle in der Peripherie des Gesichtsfeldes bedeutend höher liegt, d. h. die Lichtintensität der Reizpunkte erheblich höher liegen als der Reizpunkte im fovealen Bereich, würde man bei dieser Annahme ebenfalls davon Ausgehen, daß in der Peripherie die Schnelligkeit der Reaktion zunimmt und damit die Reaktionszeiten kleiner werden.

(vgl. Abb. 9)

8.4.

Die Ergebnisse über die Abnahme der Reaktionszeiten mit Zunahme der Exzentrizität in der Peripherie des Gesichtsfeldes, wurden mit einem konstanten überschwelligen Reiz gemessen. Da aber die Inkrementalschwelle zur Exzentrizität hin zunimmt, ist die Differenz zwischen den unter allen Exzentrizitäten konstant hellen Lichtreizen und deren Abstand zu den Inkrementalschwellen verschiedener Exzentrizitäten immer unterschiedlich, d. h. foveal ist der Abstand von der Inkrementalschwelle zum konstanten Lichtreiz größer, während er zur Peripherie hin stark abnimmt. Ist die Reaktionszeit eine Funktion der Distanz zwischen Inkrementalschwelle

und konstantem Lichtreiz , so nimmt diese relative Reizintensität mit größerer Exzentrizität zu und es folgt daraus eine Abnahme der Reaktionszeiten in der Peripherie des Gesichtsfeldes im Gegensatz zum fovealen Bereich. 9

8.5.

Die Reaktionszeit ist eine Funktion der physiologisch-anatomischen Bedingungen des menschlichen Auges und der sensomotorischen Bahnungszeit.

a)

In der Peripherie des Gesichtsfeldes nimmt die Dichte der visuellen sensorischen Ganglienzellen mit der Exzentrizität ab. Daraus folgt, daß die Reaktionszeiten mit der Exzentrizität zunehmen (=länger werden), wie die Versuche mit einem überschwelligen Lichtreiz konstanter Intensität zeigen.

b)

Da aber die Intensitäten für die Inkrementalschwellen bei verschiedenen Exzentrizitäten ungleich sind, und die Reaktionszeiten allgemein mit zunehmender Intensität des Testreizes abnehmen, würde aus dieser Tatsache allein wie bei 8.3. eine Abnahme mit der Exzentrizität erfolgen.

Setzt man eine unterschiedliche Wertigkeit einerseits der physiologischen Gegebenheiten und andererseits der

physikalischen Bedingungen voraus, so können sich verschiedenartige Verläufe der Kurven der Reaktionszeiten ergeben, je nach Gewicht ihres jeweiligen Einflusses.

9. Ergebnisse

9.1. Inkrementalschwellen

9.1.1. Binokulare Summation

Die Inkrementalschwelle ist beim Binokularsehen (BIN) niedriger als beim Monokularsehen, sowohl für das rechte (OD) als auch für das linke Auge (OS); d. h. die Empfindlichkeit ist beim Binokularsehen größer als beim Monokularsehen. (vgl. Abb. 9)

9.1.2. Fovea versus Peripherie

Die Schwelle ist unter allen 3 Bedingungen (BIN, OD, OS) im fovealen Bereich am niedrigsten, während sie sich, sowohl binokular (BIN) als auch monokular, für das rechte (OD) und das linke (OS) Auge zur Peripherie hin erhöht. (vgl. Abb. 9)

9.1.3. Nasale GFH - temporale GFH (Abb. 9)

Bei 0° zentral hat unter monokularen Bedingungen die Versuchspersonen mit okulärer Dominanz links (OS) eine größere Empfindlichkeit als diejenige mit okulärer Dominanz rechts (OD). Bei 10° ist unter beiden monokularen Bedingungen, sowohl in der rechten als auch in

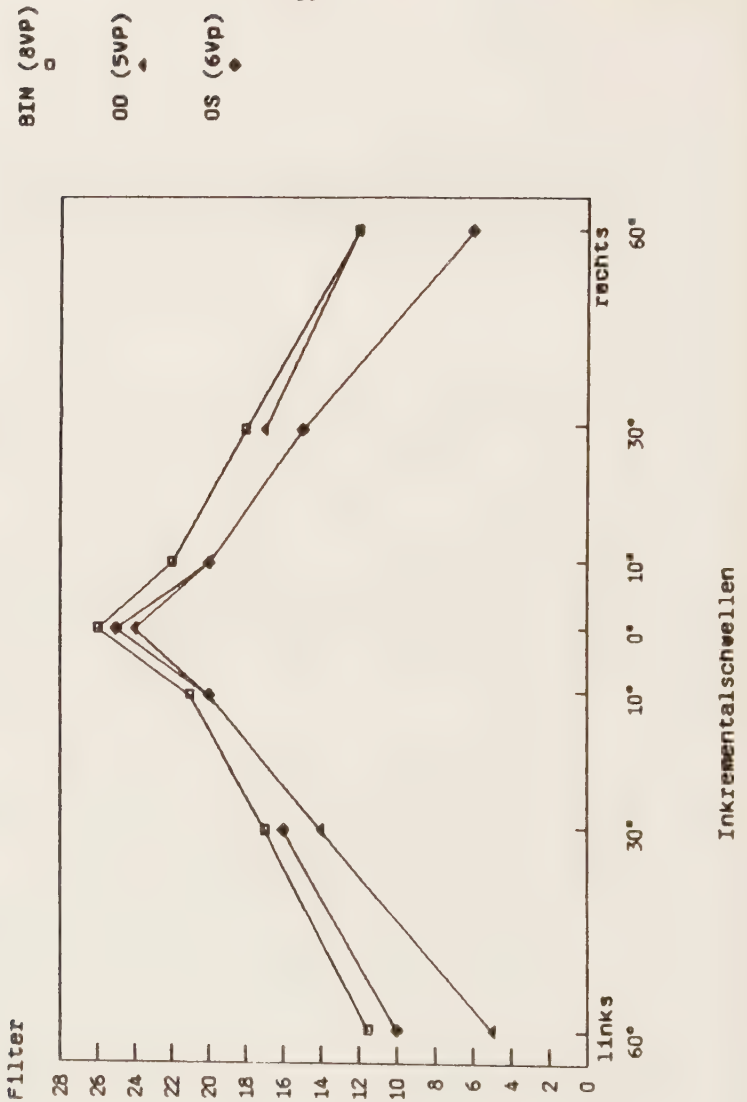


Abb. 9: Inkrementalschwellen gemittelt über
8 Versuchspersonen (BIN, OS, OD)
(Die Filterwerte entsprechen 0,1 log Einheiten)

der linken GFH, die Empfindlichkeit gleich.

In der Peripherie, bei 30° Exzentrizität, ist die nasale GFH um $0,2 \log$ Einheiten empfindlicher als die temporale Gesichtsfeldhälfte (GFH). Bei 60° Exzentrizität beträgt dieser Unterschied sogar um $0,5 \log$ Einheiten.

Für jeweils eine bestimmte Exzentrizität hat also die temporale Retina bei beiden Augen eine höhere Inkrementalschwelle als die nasale, d.h. die Intensität des Lichtreizes zur Auslösung eines Seheindrucks muß dort größer sein als auf der nasalen GFH. Daraus folgt, daß die Leistung der temporalen Retina durch die Summation beim Binokularsehen verbessert werden kann, während die binokulare Summation auf der nasalen Retina ein wesentlich geringeren Einfluß hat (Schmielau, 1982). Ein Plateau der Empfindlichkeit zwischen 10° und 30° Exzentrizität unter monokularen Bedingungen wird nur bei einer Versuchsperson (Vp) für das linke Auge in beiden GFHn (nasal und temporal) und für das rechte Auge in der temporalen GFH beobachtet. Alle anderen Versuchspersonen zeigen dieses von Pöppel und Harvey (1972) beschriebene Phänomen nicht.

(Abb. 10)

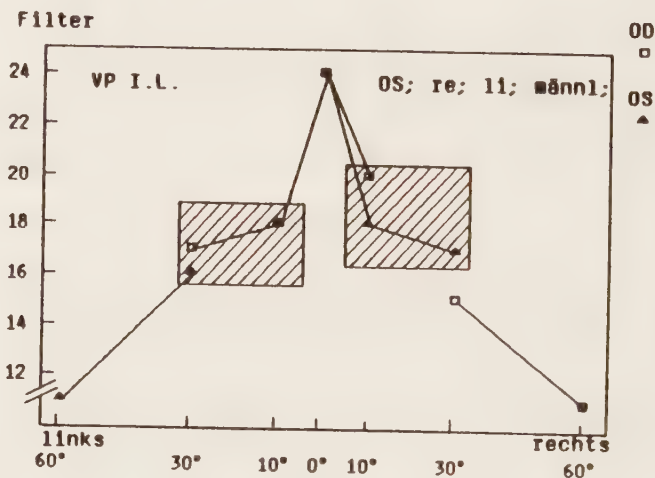


Abb. 10: Darstellung des "Plateaus der Empfindlichkeit" an einer Versuchsperson (siehe Text, auch S.55)
(Die angegebenen Filterwerte entsprechen 0,1 logarithmische Einheiten)

9.2. Reaktionszeiten

9.2.1.1. Exzentrizität

Beim Vergleich der Rechtshänder mit den Linkshändern (Abb. 11) unter monokularen Sehbedingungen mit dem rechten Auge (OD) läßt sich in der temporalen GFH für die rechte Hand zwischen 10° und 60° Exzentrizität ein Abfall der Reaktionszeiten um 20 msec beobachten, während er für die linke Hand 50 msec beträgt.

In der linken GFH dagegen ergibt sich unter den gleichen Sehbedingung zwischen 10° und 60° Exzentrizität für die rechte Hand kein Unterschied. Die linke Hand ist in der linken Gesichtsfeldhälfte im Gegensatz zur rechten GFH bei 30° sogar um 30 msec schneller als bei 10° . Der Unterschied der Reaktionszeiten zwischen zentral und peripher ist jedoch nicht signifikant.

9.2.1.2. Binokulare Summation

Beim Vergleich von binokularen mit monokularen Sehbedingungen (mit re. bzw. li. Auge) gemittelt über 8 Probanden, läßt sich für keine Versuchsbedingung eine signifikante Änderung der Reaktionszeiten mit der Exzentrizität feststellen. (Abb. 12 ;

9.2.1.3. Geschlechtsspezifische Unterschiede als Funktion der Exzentrizität

Beim Vergleich der weiblichen Population mit der männlichen unter binokularen Sehbedingungen (Abb. 13) läßt sich bei der männlichen Population ein konstanter Anstieg der Reaktionszeiten vom fovealen Bereich zur

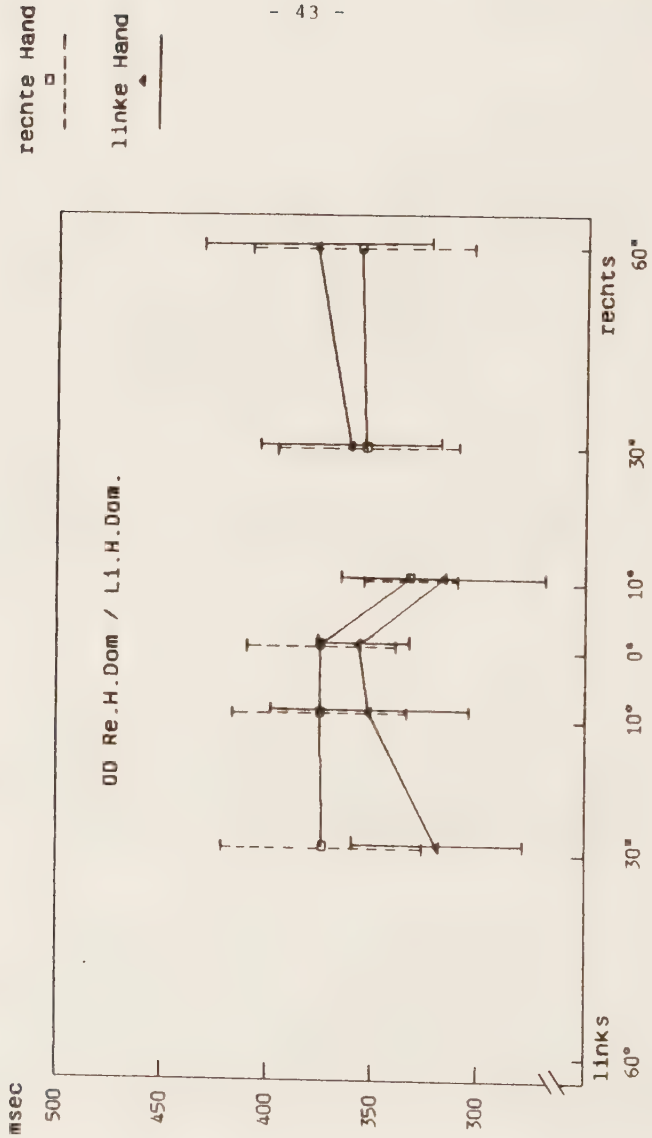


Abb. 11: Reaktionszeiten
Vergleich der Rechtshänder mit Links-
händern bei Vermessung des rechten Auges

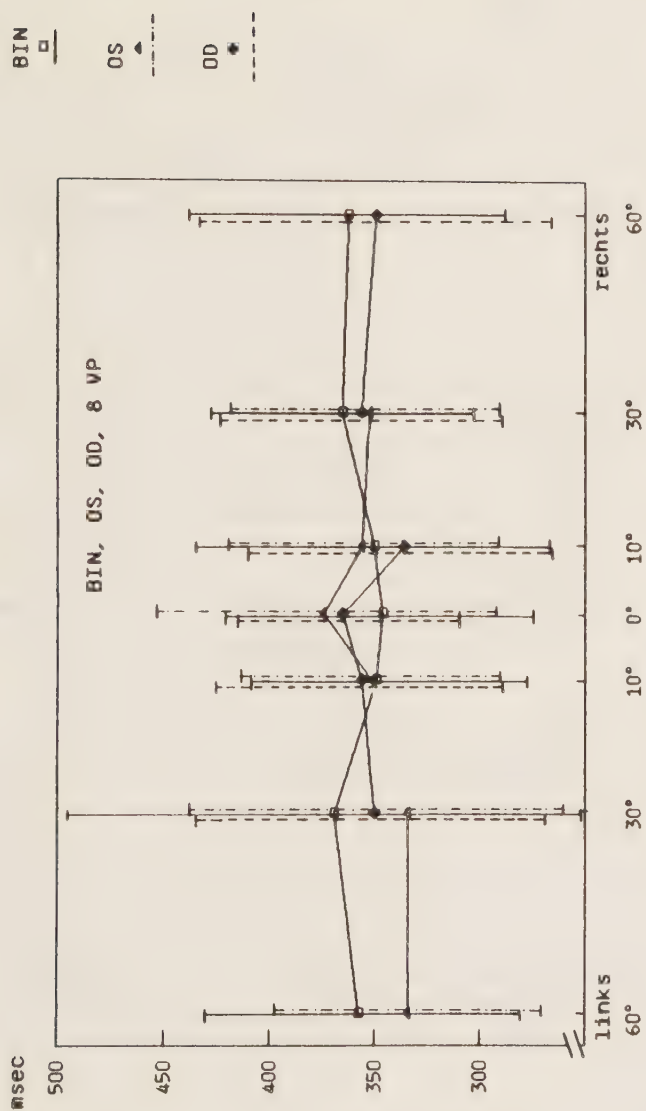


Abb. 12: Reaktionszeiten

Vergleich von monokularem zu binokularem Sehen

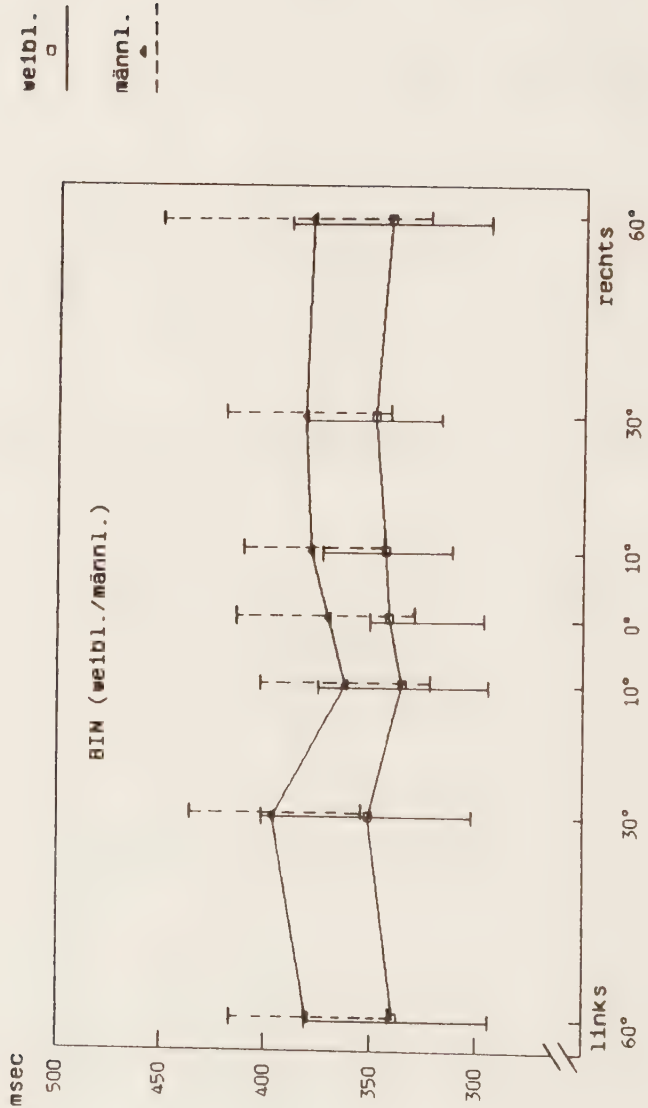


Abb. 13: Reaktionszeiten

Vergleich der männl. zur weibl. Population

(gemittelt über je 4 Vps, sowie re. und li- Hand)

Peripherie (0° bis 60°) hin um 15 msec feststellen. Dies deutet darauf hin, daß bei der männlichen Population die Reaktionszeiten auf Schwellenreize in der Peripherie länger sind als zentral. Bei der weiblichen Population läßt sich hingegen kein konstanter Trend nachweisen.

9.2.1.4. Unterschiede zwischen binokularem Sehen und monokularem Sehen mit linkem und rechtem Auge
Beim Vergleich der 3 Sehbedingungen (BIN, OD, OS) gemittelt über alle vier weiblichen Versuchspersonen (Abb 14) lassen sich folgende Ergebnisse aufzeigen: Bei Betrachtung mit OD (gemittelt über beide Hände) ist die Reaktionszeit in beiden GFHn bei 60° Exzentrizität, nach einem konstanten Abfall von zentral zur Peripherie hin, um 45 msec schneller als foveal. Die Ergebnisse unterscheiden sich für verschiedene Exzentrizitäten nicht signifikant voneinander.

9.2.1.5. Rechte Hand versus linke Hand
Beim Vergleich der rechten mit der linken Hand (gemittelt über vier weibliche Versuchspersonen), unter binokularen Sehbedingungen, ist folgender Trend erkennbar:
Foveal sind die Reaktionszeiten der rechten Hand kürzer als in der Peripherie des Gesichtsfeldes, wobei sich ein konstanter Anstieg zur Peripherie hin abzeichnet. Der Unterschied zwischen zentral und peripher 60° beträgt in beiden GFHn ca 20 msec. Bei der linken Hand dagegen sind die Reaktionszeiten sowohl in der linken wie der

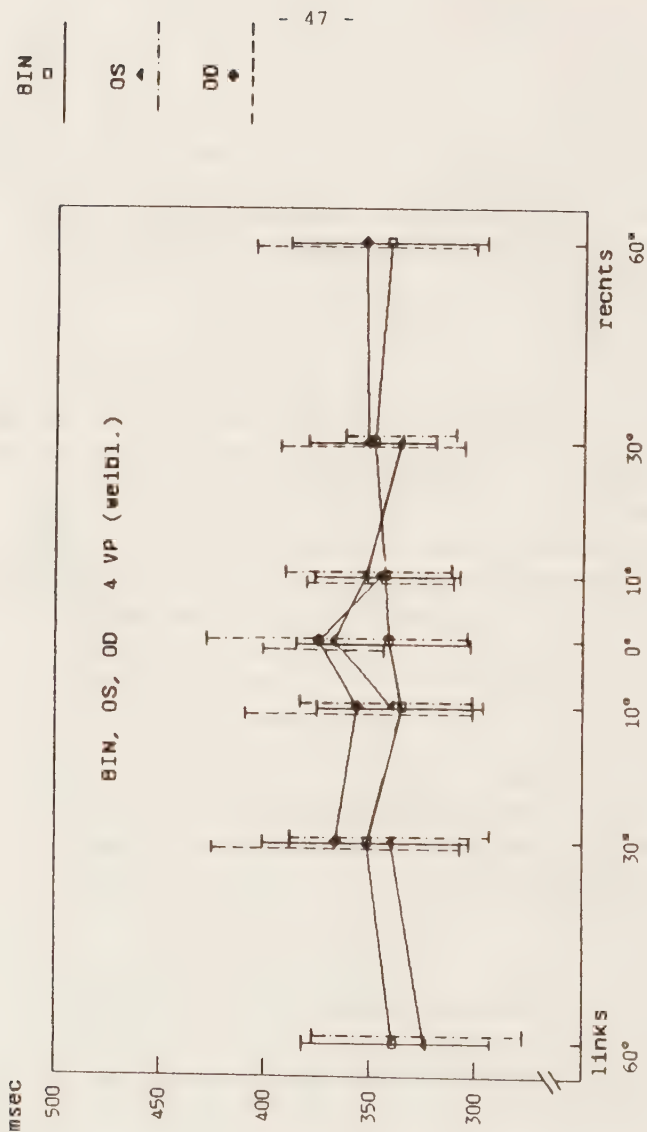


Abb. 14: Reaktionszeiten

Unterschiede zwischen binokularem und monokularem
Sehen (gemittelt über 4 weibl. Vns.)

rechten GFH bei 10° , 30° und 60° Exzentrizität kürzer als foveal.

Das Ergebnis deutet an, daß bei Frauen unter binokularen Bedingungen bei Reaktionszeitmessungen entlang der Inkrementalschwelle sich die rechte und linke Hand gegensätzlich verhalten; so ist die rechte Hand zentral schneller als peripher während die linke Hand zentral langsamer ist als peripher.

9.2.2. Okuläre Dominanz

9.2.2.1. Inkrementalschwelle

Beim Vergleich der Inkrementalschwellen zwischen den Vpn mit okulärer Dominanz rechts und okulärer Dominanz links findet sich weder bei OS, OD, noch bei BIN in keiner der GFHn ein Unterschied hinsichtlich der Äugigkeit (vgl. Abb. 9)

9.2.2.2.

Der Unterschied zwischen der Dominanz des linken bzw. rechten Auges scheint bei Messungen der Reaktionszeiten entlang der Inkrementalschwelle einen zu geringen Einfluß auszuüben, als daß er hätte ermittelt werden können. Dies entspricht auch dem Ergebnis beim Vermessen der Inkrementalschwelle.
(siehe 9.2.2.1.)

9.2.3. Händigkeit

9.2.3.1.

Beim Vergleich der Reaktionszeiten der rechten und der linken Hand (gemittelt über vier weibliche Vpn) ist unter monokularen Sehbedingungen, bei Betrachtung mit dem rechten Auge (vgl. Abb. 15, 19) die linke Hand schneller als die rechte. Dies gilt über das gesamte Gesichtsfeld. Es gibt jedoch keinen Zusammenhang zwischen Exzentrizität und Änderung der Reaktionszeit. Auch unter binokularen Bedingungen (Abb. 17) sind die Reaktionszeiten der linken Hand kürzer als die der rechten wobei der Unterschied zur Peripherie hin zunimmt. Im zentralen Bereich bis 10° in beiden GFHn besteht dagegen kein Unterschied zwischen der rechten und der linken Hand.

9.2.3.2.

Beim Vergleich der Rechtshänder mit den Linkshändern unter monokularen Sehbedingungen (OD) ist in der linken GFH die linke Hand schneller als die rechte Hand, während in der rechten GFH bei 30° und 60° Exzentrizität die rechte Hand schneller ist als die linke, d. h. es ergibt sich bei Reaktionszeiten entlang der Inkrementalschwelle, daß der ipsilaterale Reaktionsweg schneller ist wie der Kontralaterale. Dies entspricht auch den Ergebnissen bei einfachen Lichtstimuli weit überhalb der Inkrementalschwelle. (Poffenberger, 1912; Wallace, 1941; Fitz und Seeger, 1953; Rizzolatti, 1979;)

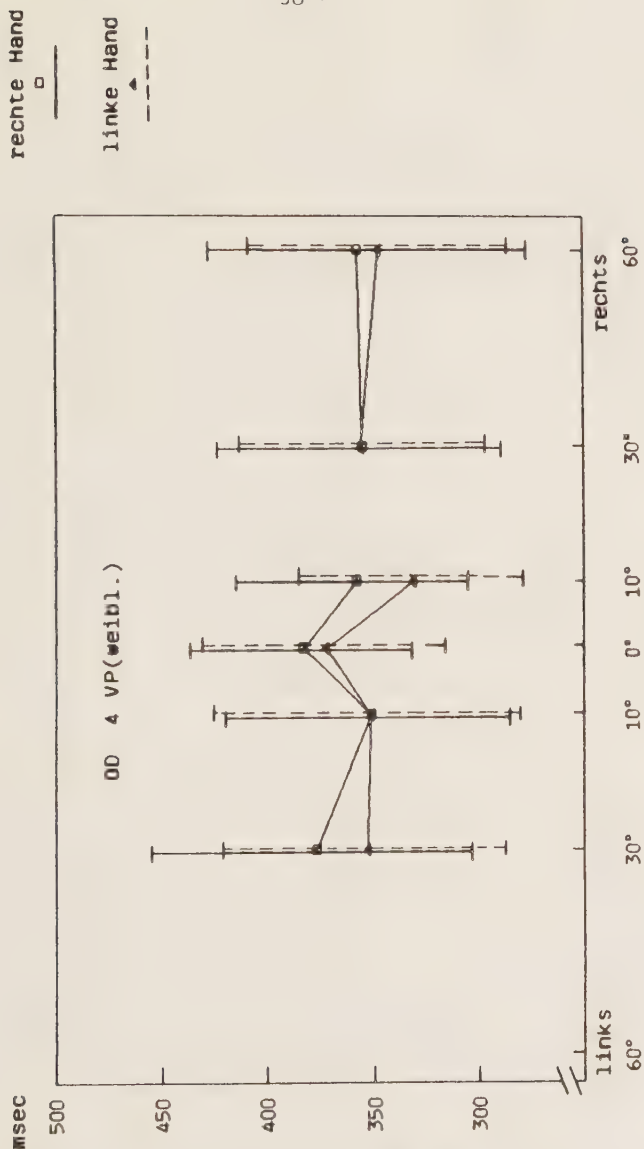


Abb. 15: Unterschiede zwischen den Reaktionszeiten zwischen rechter und linker Hand (gemittelt über 4 weibl. Vps. bei Betrachtung mit dem rechten Auge)

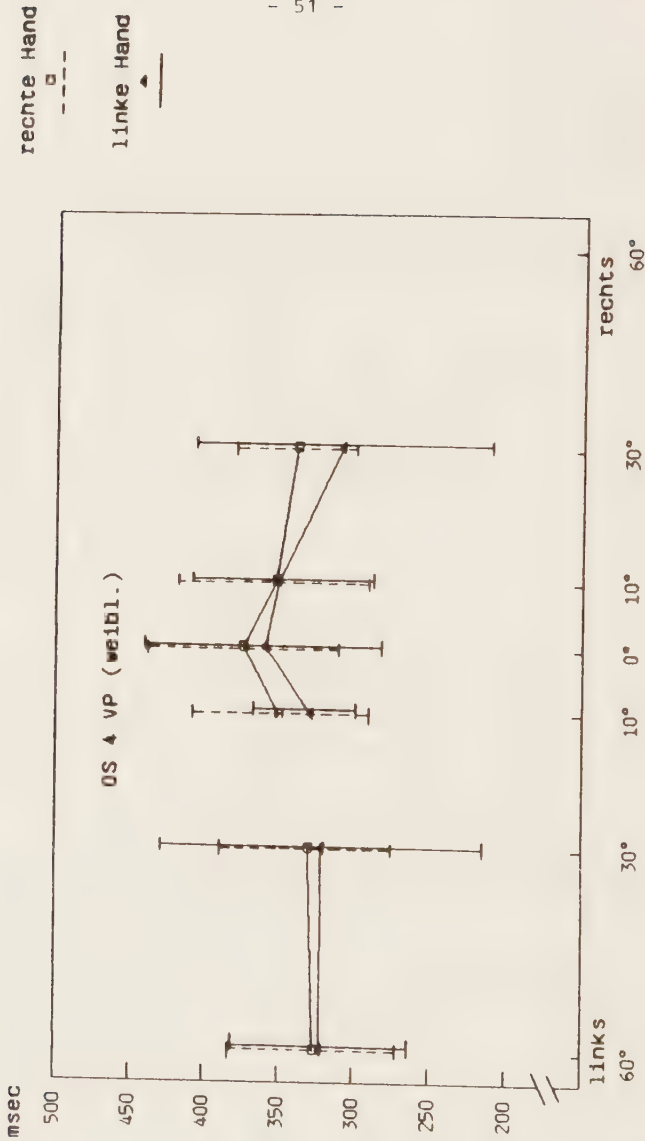


Abb. 16: Unterschiede in den Rts zwischen rechter und linker Hand (gemittelt über 4 weibl. Vps bei Vermessung des linken Auges)

9.2.3.3.

Die Mittelung der Kurven der weiblichen Vpn beim Binokularsehen (Abb.1415), sowie beim Monokularsehen (OD) ergibt - wie Abb. zeigt - daß bei Betrachtung mit dem linken Auge die linke Hand über das gesamte Gesichtsfeld schneller ist als die rechte Hand. Dies entspräche dem schon von Annett und Annett gefundenen Vorteil der linken Hand gegenüber der rechten Hand. Bei den männlichen Vpn läßt sich keine einheitliche Aussage über einen Handvorteil machen. (Abb. 17)

9.2.3.4.

Beim Vergleich der männlichen mit den weiblichen Probanden unter binokularen Sehbedingungen ist zu beobachten, daß die weibliche Population (gemittelt über beide Hände) im fovealen Bereich um 40 msec schneller und in der Peripherie bei 60° um 50 msec schneller ist als die männlichen Vpn. (Abb.13)

9.2.3.5. Rechtshänder versus Linkshänder

In Abb.11 werden die rechtshändig dominanten Vpn. mit den Vpn, die mit der linken Hand dominant sind, verglichen. Es sind nur die Ergebnisse für OD (rechtes Auge) dargestellt. Die Linkshänder haben in der linken GFH schnellere Reaktionszeiten als die Rechtshänder. Bei 0° zentral um 20 msec, bei 10° um 25 msec und bei 30° um 50 msec. Die Rechtshänder haben in der rechten GFH kürzere Reaktionszeiten (bei 30° um 5 msec und bei 60° um 20 msec) als die Links-

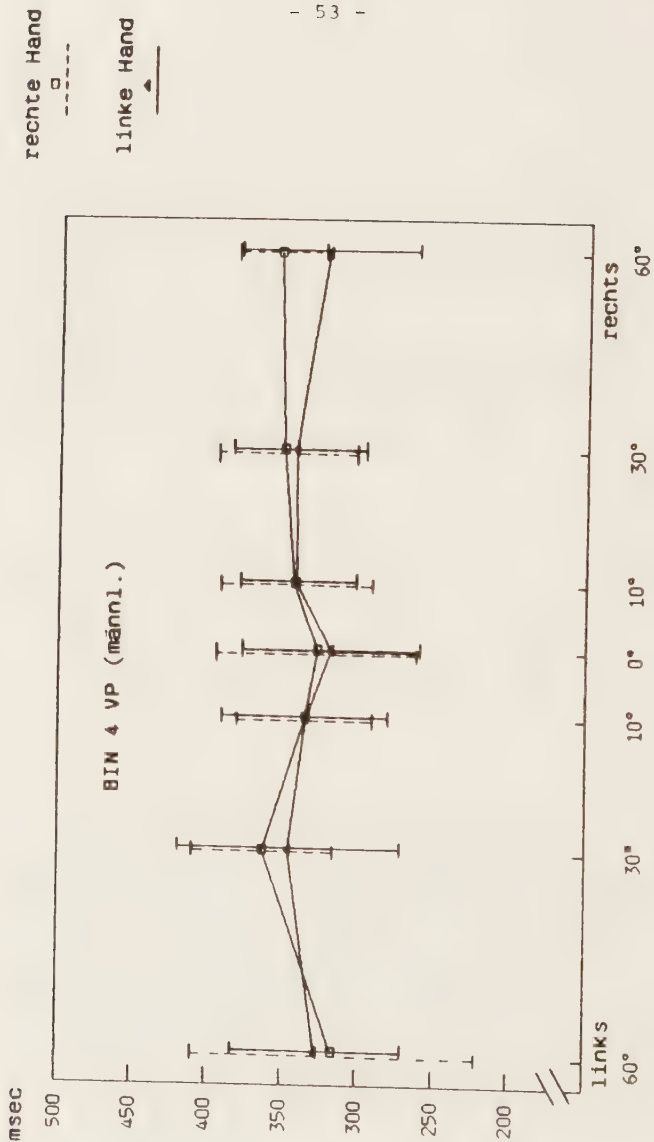


Abb. 17: Unterschiede in den Rt zwischen rechter und linker Hand (gemittelt über 4 männl. Vps bei binokularem Sehen)

händer. Dies entspricht auch der Hypothese des ipsilateralen Vorteils bei Reaktionszeitmessungen. (Marzi und DiStefano, 1980)

9.2.4. Monokular- versus Binokularsehen

Bei Vergleich der monokularen Bedingungen (Betrachtung mit OD und OS) mit dem Binokularsehen, gemittelt über 8 Vpn (Abb.12), findet sich kein Hinweis auf ein Vorliegen der binokularen Summation für Reaktionszeiten, d.h. die Reaktionszeiten sind unter binokularen Sehbedingungen nicht signifikant schneller als unter monokularen Bedingungen.

Ein über das gesamte Gesichtsfeld hinweg konstanter Vorteil der Reaktionszeiten beim Binokularsehen gegenüber monokularen Sehbedingungen, im Sinne der binokularen Summation wird nicht gefunden. Die Reaktionszeiten beim Binokularsehen sind nur zentral (bei 0°) um 20 msec kürzer als bei Betrachtung mit dem linken Auge (OS), und um 30 msec kürzer als bei Betrachtung mit dem rechten (OD) Auge.

In der linken GFH dagegen, sind die Reaktionszeiten unter binokularen Sehbedingungen kürzer als die Reaktionszeiten bei Betrachtung mit OS.

9.2.5. Geschlecht

Der Vergleich der weiblichen mit der männlichen Population ergibt, daß die weiblichen Vpn in beiden GFHn, einschließlich des fovealen Bereiches, kürzere Reaktionszeiten haben.

Dieser Unterschied ist nicht exzentritätsabhängig. Er beträgt im Mittel ungefähr 35 msec.

9.3. Empfindlichkeitsplateau

Das von Pöppel und Harvey (1972) beschriebene Plateau der Empfindlichkeit - nasale Gesichtsfeldhälfte und im temporalen Gesichtsfeld zwischen dem blinden Fleck und 34° Grad Exzentrizität - unter monokularen Sehbedingung, wird in dieser Arbeit nur bei einer Versuchsperson gefunden. Die Vp ist Rechtshänder, mit dem linken Auge dominant und männlichen Geschlechts. Das linke Auge zeigt das Plateau sowohl in der temporalen als auch in der nasalen GFH während das rechte Auge das Plateau nur in der nasalen (linken) GFH hat. Binokular ist der Kurvenverlauf der Inkrementalschwellen entlang der Exzentrizitäten wie bei den anderen Vpn .

Vergleicht man die Reaktionszeiten der rechten Hand mit denjenigen der linken Hand des Probanden im Bereich des Plateaus, so zeigt sich eine nur geringfügige Änderung der Reaktionszeit zwischen 10° und 30° um ca. 5 msec in der temporalen GFH (linke Hand), während bei den Reaktionszeiten der rechten Hand in der nasalen GFH nur eine geringsfügige Änderung der Reaktionszeiten zwischen 10° und 30° Exzentrizität festzustellen ist.

Für das rechte Auge zeigt sich in der temporalen GFH kein Plateau, während - bei den Reaktionszeiten für die rechte Hand in der nasalen GFH ein deutliches Plateau zwischen 10° und 30° Exzentrizität zu finden ist. Die Reaktionszeiten unterschieden sich nur um 5 msec.

Man findet also für das linke Auge (OS) und bei Benutzung der rechten Hand ein Plateau der Reaktionszeiten der

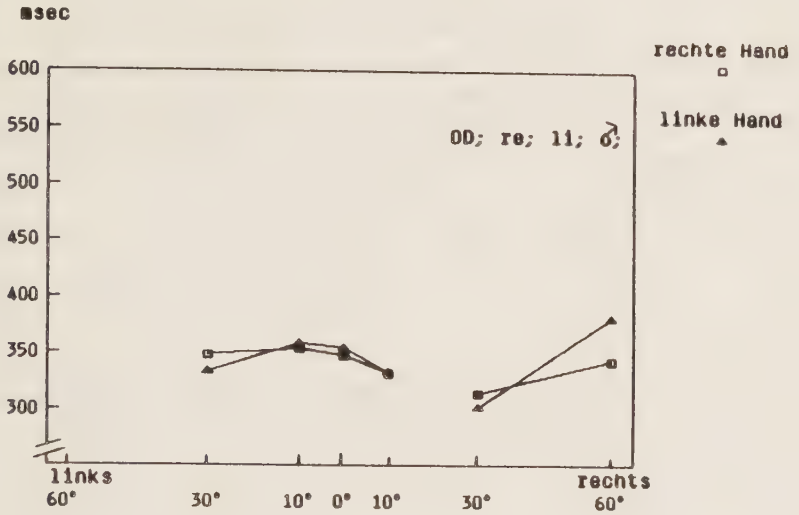


Abb. 18: Darstellung des "Empfindlichkeitsplateaus" in der ipsilateralen Gesichtsfeldhälfte bei Reaktionszeiten mit der rechten Hand und Vermessung des rechten Auges (OD) bei einer männlichen Versuchsperson

rechten GFH, während man für die linke Hand ein Plateau auf der linken Gesichtsfeldhälfte findet. Es fällt auf, daß das Plateau der Reaktionszeiten nur auf der zum Reiz ipsilateralen Seite vorkommt, während es auf der kontralateralen Seite kein Plateau in dem Bereich zwischen 10° und 30° Exzentrizität gibt.

Für das rechte Auge und bei Untersuchung der rechten Hand, also ipsilateral, findet man ein Plateau zwischen 10° und 30° Exzentrizität auf der rechten GFH.

Dagegen findet man für die kontralaterale Hand (linke Hand) kein Plateau zwischen 10° und 30° Exzentrizität für die Reaktionszeiten.

(vgl. Abb. 10, 18, 19)

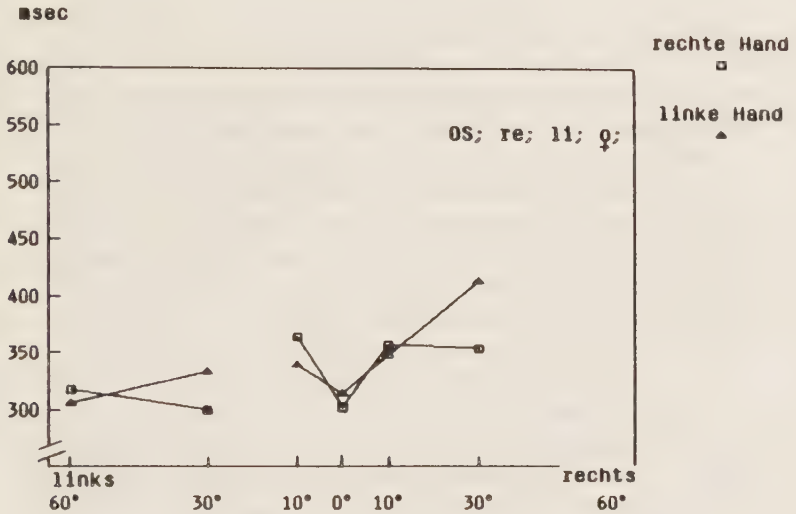


Abb. 19: Darstellung des "Empfindlichkeitsplateaus" in der ipsilateralen Gesichtsfeldhälfte bei Vermessung der linken Hand und Betrachten mit dem linken Auge

10. Diskussion

10.1. Inkrementalschwellen

10.1.1. Binokulare Summation

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß bei mesopischen Sehbedingungen entlang der Inkrementalschwelle über alle Exzentrizitäten des horizontalen Meridians die Empfindlichkeit beim Binokularsehen größer ist, als beim Monokularsehen. Dies bestätigt die Ergebnisse, die Schmielau (1982) in seinen Untersuchungen zur binokularen Summation im Inkrementalschwellenbereich gefunden hat. Ebenfalls stellt sich bei diesem Experiment heraus, daß "die binokulare Summation auch eine Funktion der horizontalen Exzentrizität im Gesichtsfeld" ist. (Schmielau, 1982)

Die binokulare Summation im Inkrementalschwellenbereich wird in dieser Untersuchung bei allen 8 Probanden, gleichgültig welcher okulären Dominanz sie angehören, gefunden. Die okuläre Dominanz scheint für die fovealen Empfindlichkeiten nach Schmielau (1982) von Bedeutung zu sein. Dies wird in dieser Arbeit nicht gefunden. Es zeigt sich kein Unterschied der

Empfindlichkeit zwischen den Vpn die rechts oder links äugig dominant sind.

Die Ergebnisse entsprechen den Befunden von Campell und Green (1965), die für die Sehschärfe den Befund erheben. Dies scheint auch einleuchtend zu sein, da die Sehschärfe mit der Kontrastempfindlichkeit korreliert. (Schmielau, 1981)

10.1.2.

Die Inkrementalschwelle ist unter allen 3 Sehbedingungen (BIN, OD, OS = bei Betrachtung mit dem linken, dem rechten und mit beiden Augen) im fovealen Bereich am niedrigsten und erhöht sich zur Peripherie hin. Dieser Befund korreliert mit den mikroanatomischen Untersuchungen der Dichteverteilung von Ganglienzellen in der menschlichen Retina: diese nehmen mit der Exzentrizität ab (Oppel, 1967). Dieses Ergebnis wird auch von Pöppel und Harvey (1972) und Schmielau (1982) beschrieben. Es wird auch bei allen Versuchspersonen dieser Arbeit beobachtet.

10.1.3. Nasotemporale Gesichtsfeldunterschiede

Da schon der Verlauf der Inkrementalschwelle entlang des horizontalen Meridians mit den anatomischen Befunden der Verteilung der retinalen Ganglienzellen im horizontalen Netzhautmeridian (Oppel, 1967) korreliert, so läßt sich auch hinsichtlich funktioneller Tests ein nasotemporaler Unterschied vermuten. Da im parafovealen Bereich bis 20° Exzentrizität die Zahl der Ganglienzellen auf der temporalen Retina größer ist als auf der nasalen, während in der Peripherie bei 50° Exzentrizität mehr Ganglienzellen auf der nasalen Netzhaut zu finden sind. So werden auch zahlreiche funktionelle Unterschiede zwischen der nasalen und temporalen Hemiretina beschrieben. (Vgl. S.16ff)

10.2. Reaktionszeiten

10.2.1.1. Exzentrizitäten

Bartlett und McLeod (1954) beschreiben Diskrepanzen zwischen Reaktionszeitverläufen als Funktion der Exzentrizität bei hoher und niedriger Intensität des Lichtreizes. Bei hoher Intensität des Reizes sind die fovealen Reaktionszeiten kürzer, während bei niedriger Intensität des Reizes die fovealen Reaktionszeiten länger sind als diejenigen in der Peripherie des GF.

Berlucchi (1977) hingegen zeigt, daß bei niedriger Intensität des Lichtreizes die Reaktionszeiten in der Peripherie des Gesichtsfeldes (GF) langsamer sind als zentral und auch Marzi und DiStefano (1980), die hemiretinale Unterschiede als Funktion der Art des Lichtreizes untersuchen, zeigen dieselbe Abhängigkeit der Reaktionszeiten von der Exzentrizität. Auch Berlucchi und Rizzolatti (1980) reproduzieren die Zunahme der Reaktionszeit mit zunehmender Exzentrizität des Reizes.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung weisen diese Form der Exzentrizitätsabhängigkeit der Reaktionszeit nicht bei allen Versuchsbedingungen auf. Beim Vergleich der manuellen Dominanzen (vgl. 9.2.1.1.) zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit von der Exzentrizität, die jedoch nicht signifikant ist. Auch Schmielau (1981) kann bei seinen Versuchen zur Reaktionszeitmessung bei schwelennahen Reizen die Befunde von Marzi und DiStefano (1980), bei überschwelligen Reizen, entlang der Inkrementalschwelle nicht bestätigen.

In dieser Untersuchung (vgl. 9.2.1.), in der unter mesopischen Umfeldhelligkeiten bei Schwellenreizen die Reaktionszeit untersucht wird, werden auch im fovealen Bereich nicht immer die schnellsten Reaktionszeiten gefunden. Dies läßt darauf schließen, daß die Reaktionszeit nicht nur von der Verteilung der Ganglienzellen, der Stäbchen und Zapfen oder der biologischen Reizverschaltung (= Bahnungszeit) abhängt, sondern daß auch die subjektive Helligkeitsempfindung im schwelennahen Bereich die Reaktionszeiten beeinflusst. Eine andere Möglichkeit kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, da die Unterschiede nicht Signifikanzniveau erreichen. Da die

Beantwortung eines "Minimalreizes" wie ihn die Inkrementalschwelle darstellt, auch von der sensomotorischen Leitungsbahn abhängt, so könnte es sich auch um das Ergebnis der immer gleichen motorischen Reaktionszeit handeln. Die Unterschiede müßten dann durch die wechselnde Aufmerksamkeit der Versuchspersonen erklärt werden.

10.2.1.2. Binokulare Summation

Während für die Inkrementalschwellen der Effekt der "binokularen Summation" auch bei diesem Versuch eindeutig nachgewiesen werden kann, so kann bei Ermittlung der Reaktionszeiten unter binokularen Sehbedingungen im Vergleich zu monokularen Sehbedingungen kein Vorteil gefunden werden.

10.2.1.3. Geschlechtsspezifische Unterschiede als Funktion der Exzentrizität

Bei Vergleich der weiblichen Population mit der männlichen unter binokularen Bedingungen, läßt sich bei der männlichen Population ein konstanter Anstieg der Reaktionszeiten vom fovealen Bereich zur Peripherie hin um 15 msec feststellen. Hingegen scheint es bei der weiblichen Population keinen einheitlichen Trend in Abhängigkeit von der Exzentrizität zu geben.

Bei der linken Hand dagegen sind die Reaktionszeiten in der Peripherie des Gesichtsfeldes kürzer als foveal. Sie verhalten sich also gegensätzlich.

Dies ist auch ein Hinweis, daß die Reaktionszeiten nicht nur von der physikalischen Intensität des Testreizes abhängig sind, sondern daß die subjektive Helligkeitsempfindung Einfluß auf die Reaktionszeiten hat. Dies scheint aber der Ipsilateralität eines Reizes unter-

geordnet zu sein. (vgl. 9.2.3.2.)

Da sich bei der Untersuchung über die Geschlechtsspezifität bei der weiblichen Population kein konstanter Unterschied der Reaktionszeiten nachweisen läßt, (im Gegensatz zur männlichen Population, die einen Abfall zur Peripherie von 15 msec aufweisen) hingegen ein Unterschied zwischen den Reaktionszeiten der linken und rechten Hand, spielt die Dominanz der Händigkeit bei den Frauen eine größere Rolle für die Länge der Reaktionszeiten, als bei den Männern.

Rizzolatti beschreibt 1979, daß ipsilaterale Reaktionszeiten schneller sind als kontralaterale. Dies wird zwar für schwellennahe Helligkeiten in dieser Arbeit nicht bestätigt, wohl aber scheint die Ipsilateralität einen Einfluß auf die Reizverarbeitung zu haben. So kann in dieser Arbeit bei einer V_p bei der die Inkrementalschwelle ein Plateau zwischen 10° und 30° Exzentrizität aufweist, auch für Reaktionszeiten ein Plateau festgestellt werden. Das Plateau findet sich unter monokularen Bedingungen sowohl beim rechten als auch beim linken Auge unter folgenden Bedingungen: (vgl. 9.3.) Das Empfindlichkeitsplateau zeigt auf die Reaktionszeiten nur dann Auswirkungen, wenn in der gleichseitigen, temporalen Gesichtsfeldhälfte gereizt wird. Im Gegensatz dazu zeigt die Beantwortung des Reizes mit der kontralateralen Hand keinen Hinweis auf ein derartiges Plateau. Hier gibt es eine Ähnlichkeit mit den Ergebnissen von Rizzolatti (1971) und Umiltà (1974), die bei Variation

der Dauer des Stimulus einen unwesentlichen Unterschied gefunden haben, wenn der Stimulus in die ipsilaterale Hemisphäre fällt, dagegen einen dramatischen Effekt der Reizdauer sehen, wenn der Reiz in die kontralaterale Hemisphäre fällt. Wird bei Umiltà (1974) gezeigt, daß sich die Latenzzeit um ungefähr 150 msec verlängert bei Reizung der kontralateralen gegenüber der ipsilateralen Hemisphäre, so kann man in dieser Arbeit sehen, daß sich unter ipsilateralen Versuchsbedingungen das Plateau - das sich bei Messung der Inkrementalschwelle gezeigt hat - bei Messung der Reaktionszeiten wiederfindet, und zwar dann, wenn bei Betrachtung mit dem linken Auge (OS) die temporale GFH gereizt wird und die linke Hand antwortet und wenn die nasale (rechte) GFH gereizt wird und die rechte Hand antwortet. Bei Reizung der kontralateralen GFH (monokulare Bedingungen) findet man dieses Plateau nicht.

Die beiden Ergebnisse zeigen, daß "einfacher Transfer visueller Information zwischen den Hemisphären" unwahrscheinlich ist. Weiterhin zeigt die Untersuchung bei monokularen Sehbedingungen, daß beim linken Auge die Verbindung von nasaler Retina und linker Hand, sowie die Verbindung von temporaler Retina zur rechten Hand anders sein muß, wie die jeweils kontralaterale, da zwar das "Plateau" sich wiederfindet, die Reaktionszeiten aber nicht kürzer sind.

In dieser Untersuchung wird das Plateau nur bei einer Versuchsperson gefunden. Da Schmielau (1981) bei keiner seiner Versuchspersonen ein Plateau der Inkrementalschwellenempfindlichkeit findet und es auch sonst in der Literatur nicht beschrieben wird, besteht die Möglichkeit, daß es sich dabei um eine individuelle Besonderheit handelt. Der Arbeit von Pöppel und Harvey (1972) ließ sich weder die okuläre noch manuelle Dominanz entnehmen.

10.2.1.4. Akustische Reaktionszeiten zur Händigkeit

Als Kontrolldaten wurden binaurale Reaktionszeiten erhoben. Diese Reaktionszeiten waren bedeutend schneller wie diejenigen auf Lichtreize am Perimeter.

Sie wurden an 5 Vpn erhoben, davon waren 2 Linkshänder und drei Rechtshänder.

Schmielau (1981) hatte gefunden, daß die mit dem Test nach Steingrüber bestimmte Händigkeit derjenigen entspricht, durch die Reaktionszeiten auf zentrale akustische Reize ermittelt werden kann.

In dieser Untersuchung wird dieses Ergebnis nicht bestätigt.

Es fand sich sowohl bei den nachgeprüften Rechts- sowie Linkshändern, daß die linke Hand deutlich schneller war als die rechte. (Im Mittel um 11,6 msec)

Dieses Ergebnis korreliert mit der Untersuchung von Annett und Annett (1979) die bei Reaktionszeiten auf Lichtreize ebenfalls beschreiben, daß ohne Unterschied der manuellen Dominanz insgesamt die linke Hand schneller ist als die rechte. Dieser Vorteil der linken Hand wird auch beim Vergleich der rechten und linken Hand gemittelt über die weibliche Population gefunden; die linke Hand ist schneller als die rechte, über die gesamte Exzentrizität.

10.2.1.5. Einfluß der Händigkeit auf die Reaktionszeiten

Die Händigkeit an sich und besonders ihr Ausmaß auf bestimmte Funktionen werden in der Literatur kontrovers diskutiert. In den Reaktionstests bei Inkremental-schwellenniveau kann in dieser Untersuchung kein einheitliches Ergebnis gesehen werden. Bei mehreren Vpn

zeigt sich, daß die linke Hand schneller ist als die rechte, gleichgültig welche anderen Parameter untersucht werden. Diesem Ergebnis steht die Untersuchung von Rizzolatti (1979) entgegen, der für Reize rechts vom Fixationspunkt schnellere Reaktionszeiten für die rechte Hand erhält.

10.2.2. Weder bei der Messung der Inkrementalschwelle noch bei den Ergebnissen zu den Reaktionszeiten konnte ein Unterschied zwischen Versuchspersonen verschiedener okulärer Dominanz ermittelt werden. Die okuläre Dominanz hat nach diesen Ergebnissen keinen Einfluß auf die Reaktionszeiten auf Inkrementalschwellenniveau.

10.2.8. Naso- temporaler Unterschied

Poffenberger fand 1912 bei einem Lichtstimulus gleichbleibender Intensität bei Reizen auf der nasalen Retina schnellere Reaktionszeiten als bei Reizung der temporalen Retina. Dies wurde von Bartlett und McLeod (1954) bestätigt, die in ihren Versuchen zur Intensitätsabhängigkeit der Reaktionszeiten ebenfalls kürzere Reaktionszeiten bei Stimulation der nasalen Retina zeigten.

Pöppel und Harvey (1972) haben gezeigt, daß bei photopischen und skotopischen Umfeldhelligkeiten die Inkrementalschwelle für vergleichbare Exzentrizitäten in der temporalen GFH niedriger sind als in der nasalen.

Sireteanu und Fronius (1981) konnten bei Messung der Sehschärfe mit Rechteckgittern zeigen, daß die temporale GFH jenseits von 20° Exzentrizität ein deutlich höheres Auflösungsvermögen hat als die nasale GFH.

Marzi und DiStefano (1980) erbrachten das gleiche Ergebnis indem sie die Sehschärfe mit Landoltringen und Buchstaben maßen.

In diesem Versuch zur Reaktionszeiten bei Lichtreizen knapp überhalb der Inkrementalschwelle zeigte sich kein Unterschied in den Reaktionszeiten, wenn der Reiz in der nasalen oder temporalen GFH fiel.

Erst die Kombination wenn der Reiz in die temporale GFH fällt und (bei OS) die linke Hand wird getestet, zeigt sich eine andere Verbindung als bei kontralateralen Bedingungen.

10.3. Résumé

Zusammenfassend seien die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit wie folgt dargestellt:

1. Für Reize knapp überhalb der Inkrementalschwelle können Exzentritätsunterschiede für Reaktionszeiten nicht reproduziert werden, wie sie Berlucchi (1980) für überschwellige Reize nachweisen konnte. Für mesopische Umfeldhelligkeiten wird die These von Bartlett und McLeod (1954) bestätigt, daß es " eine konstante Schwelle der Latenzzeit für das Minimum an sichtbarer Intensität " gibt.

2. Die Reaktionszeiten der linken Hand sind kürzer, als die der rechten, sowohl bei den akustischen Tests, als auch unter den optischen Versuchsbedingungen, unabhängig von der Handdominanz der Versuchspersonen. Eine Ausnahme bildet bei Reizhelligkeiten an der Inkrementalschwelle, die ipsilaterale Versuchsbedingung: die Reaktionszeiten sind kürzer, wenn die temporale Gesichtsfeldhälfte gereizt wird, und mit der gleichseitigen Hand geantwortet wird.

3. Die Exzentritätsabhängigkeit der binokularen Summation für Inkrementalschwellenhelligkeiten konnte auch in dieser Untersuchung reproduziert werden. Ein Vorteil des binokularen Sehens gegenüber monokularem Sehen für Reize knapp überhalb der Inkrementalschwelle, läßt sich dagegen bei den Reaktionszeituntersuchungen nicht feststellen.

4. Bei einer Versuchsperson wurde bei Bestimmung der Inkrementalschwellen ein Empfindlichkeits-plateau gefunden (vgl. Pöppel und Harvey, 1972) das sich auch bei der Reaktionszeit unter monokularen Sehbedingungen für temporale Exzentrizitäten wiederfindet.

Dieses Ergebnis bestärkt die Ansicht, daß der oft beschriebene naso- temporale Unterschied der Empfindlichkeit, der auch in dieser Untersuchung für periphere Reize ab 30° gefunden wird, ein Ergebnis unterschiedlicher neuronaler Verschaltung im sensomotorischen System sein muß.

5. Die Händigkeit hat bei Frauen einen größeren Einfluß auf die Reaktionszeiten als bei der männlichen Population. Dies ist ein Hinweis auf eine geschlechtsspezifische neuronale Verarbeitung von einfachen Lichtreizen. Darüberhinaus sind die Reaktionszeiten der weiblichen Probanden auf visuelle Reize allgemein kürzer als die der männlichen.

6. Unter monokularen Bedingungen läßt sich bei den Reaktionszeiten mit Inkrementalschwellenreizen keine Korrelation mit der okulären Dominanz der Versuchspersonen nachweisen. Dagegen findet sich für die Inkrementalschwellen im fovealen Bereich eine größere Empfindlichkeit bei Versuchspersonen mit okulärer Dominanz links.

11. Zusammenfassung

Reaktionszeiten im sensomotorischen System des Menschen werden in der Literatur sehr kontrovers diskutiert. Dies gilt natürlich auch für das optische System.

Schmielau fand 1981 bei Messung der Inkrementalschwellen abweichende Ergebnisse von den bei überschwelligen Reizen gewonnenen Ergebnissen. In der Fortsetzung dieses Ansatzes wurden in der vorliegenden Arbeit die Reaktionszeiten in der Peripherie des Gesichtsfeldes in Abhängigkeit von der manuellen und okulären Dominanz sowie vom Geschlecht der Versuchspersonen an einem Tübinger Perimeter untersucht.

Darüberhinaus wird die Abhängigkeit der Reaktionszeiten von der Exzentrizität des Testreizes im Gesichtsfeld bei binokularen Bedingungen und bei monokularen Bedingungen in der Gesichtsfeldhälfte (bei Betrachtung mit dem linken oder rechten Auge) untersucht.

Es werden Hypothesen vorgeschlagen, die die Ergebnisse erklären können.

Bei Bestimmung der Inkrementalschwellen wird die von Schmielau (1982) beschriebene binokulare Summation für alle Versuchspersonen bestätigt.

Exzentrizitätsunterschiede für Reaktionszeiten bei Lichtreizen mit Inkrementalschwellenintensität werden nicht gefunden, wie sie von Berlucchi (1980) für überschwellige Reize beschrieben werden.

Vielmehr wird durch diese hier vorgelegten Ergebnisse

die These von Bartlett und McLeod (1954) bekräftigt, "daß es für ein Minimum an sichtbarer Intensität eine konstante Schwelle der Latenzzeit gibt".

Sowohl bei akustischen als auch bei den optischen Tests hat die linke Hand kürzere Reaktionszeiten als die rechte, unabhängig von manueller Dominanz oder Geschlecht.

Frauen sind durch die manuelle Dominanz mehr beeinflusst als Männer.

Eine Ausnahme bilden ipsilaterale Versuchsbedingungen. Bei einer Versuchsperson wird ein Plateau der Empfindlichkeit bei Bestimmung der Inkrementalschwellen gefunden (unter monokularen Sehbedingungen), das sich bei den Reaktionszeiten nur bei Reizung der temporalen Gesichtsfeldhälfte und Beantwortung durch die gleichseitige Hand wiederfindet.

LITERATURVERZEICHNIS

Annett, M.

The binomial distribution of right, mixed and left-handedness

Quarterly J. Exp. Psychol. 19: 327 - 333 (1967)

Annett, M. und Annett, J.

Individual differences in right and left reaction time

British Journal of Psychology 70, 393 - 404 (1979)

Anzola, G. P.; Bertolini, G.; Buchtel, H.; Rizzolatti, G.

Spatial compatibility and anatomical factors in simple and choice reaction time

Neuropsychologia 15, 295 - 302 (1977)

Aulhorn, E. und Harms, H.

Visual Perimetry

Jameson, D.; Hurwich, L.N. (Hrsg.)

Handbook of Sensory Physiology Bd. VII/4

Visual Psychophysics 102 - 145

Berlin, Heidelberg, New York, Springer 1972

Berlucchi, G.; Crea, F.; DiStefano, M.; Tassinari, G.

Influence of spatial stimulus-response compatibility on reaction time of ipsilateral and contralateral hand to lateralized light stimuli

Brain 94, 419 - 430 (1971)

Berlucchi, G.; Heron, W.; Hyman, R.; Rizzolatti, G.; Umiltà, C.

Simple reaction times of ipsilateral and contralateral hand to visual stimuli

Brain 94, 419 - 430 (1971)

Coren, S. und Kaplan, C. P.

Patterns of ocular dominance

Am. J. Optom. 50: 283 - 293 (1973)

DiStefano, M.; Morelli, M.; Marzi, C. A.; Berlucchi, G.

Hemispheric control of unilateral and bilateral
movements of proximal and distal parts of the arm
as inferred from simple reaction time to
lateralized light stimuli in man

Exp. Brain Res. 38: 197 - 204 (1980)

Eder, R.

Spiegelsymmetrische Modulation der Inkrementalschwelle
und anschauliche Helligkeit in einem Bereich kontra-
lateral zum blinden Fleck

Diplomarbeit : Psychologie (1984)

Ludwig- Maximilian Universität

Fink, W. H.

The dominant eye - its clinical significance

Arch. ophthalmol. 19: 555 - 583 (1938)

Fink, W. H.; Bryngelson, B.

Relation of strabismus to right or left sidedness

Arch. Ophthalmol. 14: 947 - 956 (1935)

Kerr, M.; Mingay, R.; Elithorn, A.;

Cerebral dominance in reaction time response

Brit. J. Psychol. 54: 325 - 336 (1936)

Krämer, R. und Schützenhuber, M.

Über den Einfluß der Rechts- und Linkshändigkeit
auf die Entwicklung des führenden Auges und des
Strabismus concomitans unilateralis
Zeitschrift für Augenheilkunde 57: 322 - 334 (1925)

Lavat, J.

Premieres résultats d' une étude neuro- psycho-
orthoptique des relations de la lateralité et de la
vision binoculaire chez les enfants strabique.
Bull. Mem. Soc. Fr. Ophthalmol. 83: 243 - 267 (1970)

Marzi, C. A.; and DiStefano, M.

Hemiretinal differences in visual perception
unveröffentlicher Kongressbeitrag

Merrell, D. J.

Dominance of eye and hand
Hum. Biol. 29: 314 - 328 (1957)

Millner, A. D.; and Lines, Ch. R.

Interhemispheric pathways in simple reaction time
to lateralized light flash
Neuropsychologia in press (1981)

Oppel, O.

Untersuchungen über die Verteilung und Zahl
der retinalen Ganglienzellen beim Menschen
Albrecht v. Graefes Arch. exp. Ophthal. 172: 1 - 22 (1967)

Payne, W. H.

Reaction times as a function of retinal location
Vision research Vol. 6, 729 - 732
Pergamon Press (1966)

Poffenberger, A. t.

Reaction time to retinal stimulation with special
reference to the time lost in conduction through
nerve centers
Arch. Psychol. 23: 1 - 73 (1912)

Pöppel, E.; Aschoff, J. C.; Giedke, H.

Tagesperiodische Veränderungen der Reaktionszeit
bei Wahlreaktionen
Zeitschrift für experimentelle und angewandte
Psychologie Bd. 17, Heft 4, 537 - 552 (1970)

Pöppel, E. und Harvey, J. L.

Light difference threshold and subjective brightness
in the periphery of the visual field
Psychol. Forschung 36, 145 - 161 (1973)

Rains, J. D.

Signal luminance and position effects in
human reaction time
Vision Research Vol. 3: 239 - 251 (1963)

Rizzolatti, G.

Interfield differences in reaction times to lateralized
visual stimuli in normal subjects
in: Structure and function of cerebral commissures
Mac Millan Press (1979), Steele Russel et al (Eds.)

Rizzolatti, G.; Buchtel, H. A.

Hemispheric superiority in reaction time
to faces: a sex difference
Cortex 13, 300 - 305 (1977)

Rizzolatti, G.; Umiltà, C.; Berlucchi, G.

Opposite superiorities of the right and left
cerebral hemispheres in discriminative reaction
time to physiognomical and alphabetical material
Brain 94, 431 - 442, (1971)

Swanson, J.; Ledlow, A.; Kinsbourne, M.

Lateral asymmetries revealed by simple reaction time
in: Asymmetrical function of the brain
Cambridge University Press (1978) Marcel Kinsbourne (Ed.)

Schmidt, R. F.; Thews, G.;

Physiologie des Menschen
Springer Verlag 1980

Schmielau, F.

Neurophysiologische und psychophysische Aspekte
des Binokularsehens
Habilitationsschrift an der LMU - München (1981)

Schmielau, F.

Binokulare Summation und die Wurzel-2 - Hypothese
Psychol. Beiträge
Bd. 24, Heft 3; 3. Vierteljahr 1982
Verlag Anton Hain Meisenheim/ Glan

Sireteanu, R. und Fronius, M.

Nasotemporal Asymmetries in Human Amblyopia:
Consequence of long- term Interocular Suppression
Vision Research (1981) im Druck

Steingrüber, H. J.

Die klin. Bedeutung der Linkshändigkeit
Zeitschr. Ent. Psychol. Päd. Psych. III
4: 269 - 282 (1971 a)

Steingrüber, H. J.

Zur Messung der Händigkeit
Zeitschr. Exp. Ang. Psychol. 18: 337 - 357 (1971 b)

Steingrüber, H. J. und Linert, G. A.

Hand- Dominanz- Test (HDT)
Göttingen: Hogreve (1971)

Suchenwirth, R.

Bedingungen der Händigkeit und ihre Bedeutung
für die Klinik der Hemisphärenprozesse
Nervenarzt 40: 509 - 517, (1969)

Ullmann, J. F.

Psychologie der Lateralität
Bern, Huber (1974)

Ullmann, J. F.

Psychologie lateraler Dominanz
Habilitationsschrift, Universität Bonn (1969)

Teichner, W. H. und Krebs, M. J.

Laws of the simple visual reaction time

Psychol. Rev. 79: 344 - 358 (1971)

INSTRUKTIONEN ZUM H-D-T

Fassung für Einzeluntersuchung, bei Untersuchung in Zweiergruppen englischer Text.

In Anlehnung an STEINRÜBER & LINENKT (1971)

I Allgemeine Instruktion

Du wirst sicher wissen, daß man mit der einen Hand schneller und geschickter ist, entweder mit der linken oder mit der rechten Hand, z.B. beim Ballwerfen und erst recht beim Schreiben. Ganz wenige Menschen sind mit beiden Händen gleich geschickt.

Ich möchte jetzt einmal sehen, mit welcher Hand Du besser bist, deswegen habe ich einige Übungen mitgebracht, die Du einmal mit der linken Hand und einmal mit der rechten Hand machen sollst. Wahrscheinlich wird es Dir schwerfallen, 'mit links' zu arbeiten. Trotzdem sollst Du aber nicht ungeduldig werden, sondern auch mit der Hand, mit der Du nicht so geschickt bist, so gut und so schnell wie möglich arbeiten.

Als erstes möchte ich aber wissen, ob Du schon rechte und linke Unterscheiden kannst. Hab mal den rechten Arm hoch --- so, und nun den linken --- Platz.

Jetzt bekomme: Du diesen Bogen, auf den wir zuerst einmal Deinen Namen und Vornamen und Dein Geburtsdatum eintragen.

Wenn Du jetzt die erste Seite aufschlägst, siehst Du links am Rand 3 Buchstaben: A, B und C. Der Abschnitt A ist immer zum Oben gedacht, B ist für die rechte und C für die linke Hand.

Wenn Du sonst keine Fragen mehr hast, werde ich Dir jetzt nacheinander erklären, was Du tun mußt.

II Instruktion Spurennachzeichnen

Bei dieser Übung kommt es darauf an, daß Du mit dem Bleistift in den vorgezeichneten Linien entlangfährst, ohne die Linien selbst zu berühren.

Jetzt nimm den Bleistift in die rechte Hand. Beim Buchstaben A darfst Du jetzt mit der rechten Hand üben, und zwar da, wo links oben 'Anfang' steht. Wenn Du in der Mitte angekommen bist, mußt Du warten.

Jetzt nimm den Bleistift in die linke Hand und übe damit, immer noch beim Buchstaben A. Diesmal geht es oben rechts los, da wo 'Anfang' steht.

Nun nimm den Bleistift wieder in die rechte Hand. Auf Kommando geht es jetzt gleich beim Buchstaben B am linken Rand bei 'Anfang' los.

Es kommt zwar auf Schnelligkeit an, aber noch wichtiger ist die Genauigkeit, mit der Du die Schlangenlinie entlangfährst, ohne den Rand zu berühren. Jedemal, wenn Du den Rand berührst, gibst es einen Fehler. Hast Du noch Fragen?

Jetzt setzt den Bleistift startbereit beim Pfeil in die Spur. Auf die Plätze, fertig, los! --- 30 sec. --- Stop!

Bleistift in die linke Hand. Beim Buchstaben C geht es wieder am rechten Rand des Blattes los. Findest Du das? Jetzt den Bleistift in die Spur auf den Pfeil setzen. Auf die Plätze, fertig, los! --- 30 sec. --- Stop!

Jetzt schau Dir bitte den nächsten Bogen an.

III Instruktion Kreispunktieren

Bei dieser Übung sollst Du in jeden Kreis einen Punkt machen, so wie es beim Buchstaben A in den ersten 3 Kreisen vorgezeichnet ist.

Jetzt nimm wieder den Bleistift in die rechte Hand.

Beim Buchstaben A darfst Du wieder mit der rechten Hand üben, dort wo links oben 'Anfang' steht. Wenn Du in der Mitte des Blattes angekommen bist, kannst Du mit der linken Hand üben. Dabei fängst Du wieder oben rechts an.

Nun nimm den Bleistift wieder in die rechte Hand.

Auf Kommando geht es jetzt gleich beim Buchstaben B am linken Rand los. So schnell wie Du kannst, in jeden Kreis einen Punkt machen, immer der Reihe nach. Wenn Du einen Kreis auslässt oder daneben triffst, ist das ein Fehler. Noch Fragen?

Auf die Plätze, fertig, los! --- 30 sec. --- Stopp!

Beim Buchstaben C geht es jetzt wieder mit der linken Hand weiter. Setz bitte dort, wo rechts 'Anfang' steht, den Bleistift startbereit in den ersten Kreis.

Auf die Plätze, fertig, los! --- 30 sec. --- Stopp!
Jetzt schauen wir uns den letzten Bogen an.

IV Instruktion Quadratepunktieren

Auf diesem Blatt siehst Du viele Reihen mit kleinen Kästchen. Diesmal sollst Du in jedes Kästchen einen kleinen Punkt machen, so wie es beim Buchstaben A in den ersten 3 Kästchen vorgezeichnet ist. Wenn Du mit einer Reihe fertig bist, schaust Du, wo der Pfeil hingibt und machst in der vorgeschriebenen Richtung weiter.

Jetzt nimm den Bleistift in die rechte Hand. Beim Buchstaben A darfst Du jetzt wieder mit der rechten Hand üben, dort, wo links oben 'Anfang' steht. Wenn Du die ersten beiden Reihen fertig hast, wechselst Du den Bleistift in die linke Hand und machst da weiter, wo Du mit rechts aufgehört hast, immer noch beim Buchstaben A; und immer so, wie die Pfeile anzeigen.

Jetzt nimm den Bleistift wieder in die rechte Hand. Auf Kommando geht es jetzt gleich beim Buchstaben B am linken Rand bei 'Anfang' los. So schnell, wie Du kannst, in jedes Kästchen einen Punkt machen, ohne eines auszulassen; immer der Reihe nach, so wie der Pfeil zeigt! Die erste Reihe vorwärts, die zweite rückwärts, die dritte vorwärts usw. Wenn Du ein Kästchen auslässt oder daneben trifftst, gibt's einen Fehler. Sind noch Fragen?

Jetzt setzt den Bleistift startbereit ins erste Kästchen.
Auf die Plätze, fertig, los! --- 30 sec. --- Stopp!

Bleistift in die linke Hand. Beim Buchstaben C geht es jetzt wieder am rechten Rand des Blattes los. Dort, wo rechts 'Anfang' steht, den Bleistift startbereit ins erste Kästchen setzen. Aber erst auf Kommando anfangen!

Auf die Plätze, fertig, los! --- 30 sec. --- Stopp!

H-D-T

TESTBOGEN

Name:
Vorname:

	Jahr	Monat	Tag
Testdatum			
Geo-Datum			
Alter			

rechste Hand	linke Hand	Differenzwert
Sh		unterschiedlich gleich 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Rp		
Op		
		LD

1. bei fester Zeit-Grenzung geht aus der gemessenen Differenzwert der in dem Quotientenwert LD aus

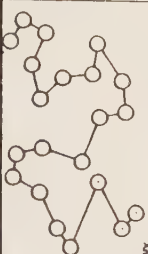
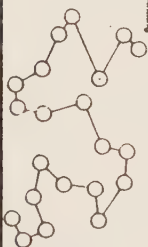
Verlag für Psychologie · Dr. C. J. Hengstler · Göttingen
Vertriebsstellen: Buchhandlungen, Universitätsbibliotheken
Geographische Verlag für Psychologie · Dr. C. J. Hengstler · Göttingen 3707

A	Arbeitsweg		Arbeitsweg
B	Arbeitsweg		Arbeitsweg
C	Arbeitsweg		Arbeitsweg

rechste Hand	linke Hand
--------------	------------

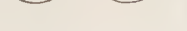
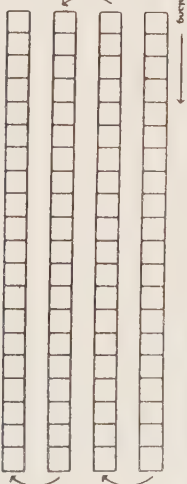
A

Anfang



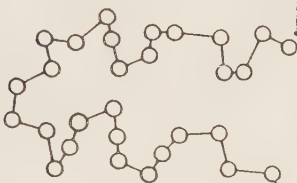
A

Anfang



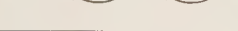
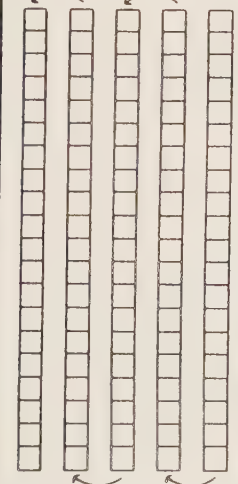
B

Anfang



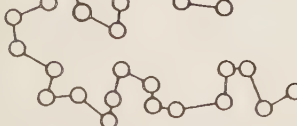
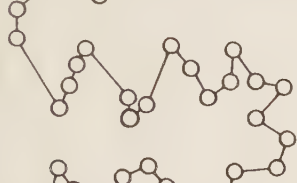
B

Anfang



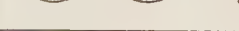
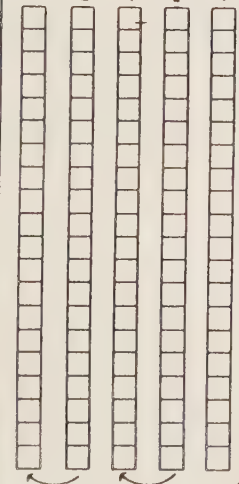
C

Anfang



C

Anfang



Lebenslauf

07 - 10 - 1957	geboren als 3. Sohn von Dr. med. Max Lacher und Dr. med. Dorle Lacher, geb. Scheuch in 8948 Mindelheim
September 1963 bis August 1967	Besuch der Volksschule Mindelheim
September 1967 bis August 1975	Besuch des Maristenkolleg in Mindelheim
September 1975 bis Juni 1979	Besuch des kleinen privaten Lehr- institutes in München Abgeschlossen mit der Reifeprüfung
Oktober 1979 bis März 1985	Immatrikuliert an der LMU- München als Student der Humanmedizin z. Z. im 11. Semester
März 1986	voraussichtlich 3. Staatsexamen

München, den 23 - 04 - 1985

J^v-s P L

